



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TÍTULO DE LA TESIS

Remediación de suelo agrícola contaminado con Arsénico,
aplicando cáscara de huevo en la provincia de Canta-Lima

2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Mendieta Alarcón, Leonardo [Ruben Dario \(ORCID: 0000-0002-6898-1242\)](https://orcid.org/0000-0002-6898-1242)

León Huarcaya, Rubén Darío ([ORCID: 0000-0003-2502-0713](https://orcid.org/0000-0003-2502-0713))

ASESOR:

Dr. Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso ([ORCID: 0000-0002-1384-4603](https://orcid.org/0000-0002-1384-4603))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Conservación de Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

Lima - Perú

2022

DEDICATORIA

A Dios, a mi esposa, mis hijos, a mi madre y padre junto a mis hermanos que me acompañan desde el cielo.

Leonardo

DEDICATORIA

A Dios, por cuidarme en los momentos más difíciles, y a mis padres por el apoyo moral que me dieron, para seguir adelante en el camino de nuevo retos.

Rubén

AGRADECIMIENTO

A Dios que siempre estuvo conmigo en los momentos difíciles y me cuidó siempre. A mi esposa por ser mi ayuda incondicional y mi soporte en las etapas difíciles que nos tocó pasar. A mi padre por ser el mayor ejemplo de esfuerzo y bondad.

Leonardo

AGRADECIMIENTO

A Dios por protegerme en el sendero de la vida y ponerme en el camino a personas que me apoyaron de manera incondicional

Rubén

RESUMEN

El objetivo general de nuestro trabajo de investigación fue determinar el nivel de remediación de suelo agrícola contaminado con arsénico, aplicando la cáscara de huevo en la provincia de Canta. El presente trabajo propone un tipo de investigación aplicado, diseño experimental y nivel explicativo con una población de 1,754 m² y una muestra de 30 m². El tratamiento se desarrolló en tres periodos de 9 muestras con tres repeticiones, es decir, 27 muestras con 2000 g de suelo agrícola contaminado, con dosis de cáscara de huevo de 100 g, 200 g y 300 g, con una granulometría menor igual a 0.355 mm, las cuales se evaluaron en tres periodos de tiempo de 15 días, 30 días y 45 días. En las evaluaciones se logró determinar la remediación del suelo agrícola contaminado, teniendo como resultado la reducción de la concentración del arsénico inicial de 105 mg/kg a 71.36 mg/kg con el tratamiento de dosis de 300 g en un tiempo de 45 días como mejor resultado, con un porcentaje de eficiencia en la reducción del 61.16 %.

Palabras Clave: remediación, suelo agrícola, cáscara de huevo, concentración, granulometría.

ABSTRACT

The general objective of our research work was to determine the level of remediation of agricultural soil contaminated with arsenic, applying the eggshell in the province of Canta. The present work proposes a type of applied research, experimental design and explanatory level with a population of 1,754 m² and a sample of 30 m². The treatment was developed in three periods of 9 samples with three repetitions, that is, 27 samples with 2000 g of contaminated agricultural soil, with doses of eggshell of 100 g, 200 g and 300 g, with a grain size less than 0.355 mm. , which were evaluated in three time periods of 15 days, 30 days and 45 days. In the evaluations, it was possible to determine the remediation of the contaminated agricultural soil, resulting in the reduction of the initial arsenic concentration from 105 mg/kg to 71.36 mg/kg with the treatment of 300 g doses in a time of 45 days as best. result, with a percentage of efficiency in the reduction of 61.16%.

Keywords: remediation, agricultural soil, eggshell, concentration, granulometry.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	IV
ABSTRAT	V
Índice de Tablas	VII
Índice de Figuras.....	IX
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MARCO TEÓRICO	4
II.- METODOLOGÍA	19
3.1.- Tipo y diseño de investigación	19
3.2.- Variables y Operacionalización	19
3.3.- Población, muestra y muestreo	19
3.4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.5.- Procedimiento	22
3.6 Método de análisis de Datos	45
3.7 Aspectos Éticos	45
IV.- RESULTADOS	47
V.- DISCUSIÓN	71
VI.- CONCLUSIONES	76
VII.- RECOMENDACIONES	77
VIII.- REFERENCIAS	78
IX.- ANEXOS	90

Índice de Tablas

Tabla 1: Validación de instrumentos.....	21
Tabla 2: Tabla de confiabilidad.....	21
Tabla 3: Características físicas y químicas de la cáscara de huevo.....	47
Tabla 4: Permeabilidad del suelo y Densidad aparente.....	48
Tabla 5: Textura del suelo.....	49
Tabla 6: Capacidad de campo.....	49
Tabla 7: Temperatura.....	50
Tabla 8: Potencial de Hidrogeno.....	51
Tabla 9: Conductividad Eléctrica.....	52
Tabla 10: Potencial de Redox.....	53
Tabla 11: Humedad Gravimétrica.....	54
Tabla 12: Capacidad de Intercambio Catiónico.....	55
Tabla 13: Carbono Orgánico total.....	56
Tabla 14: Materia Orgánica.....	57
Tabla 15: Nitrógeno.....	58
Tabla 16: Nitratos.....	59
Tabla 17: Relación Carbono/Nitrógeno.....	60
Tabla 18: Normalidad de tiempo y As.....	62
Tabla 19: Análisis de varianza.....	62
Tabla 20: Tukey Tiempo.....	63
Tabla 21: Normalidad de dosis y As.....	63
Tabla 22: Análisis de varianza.....	63
Tabla 23: Tukey Dosis.....	64
Tabla 24: Prueba de Normalidad Parámetros Físicos y químicos del suelo....	64
.....	64
Tabla 25: Análisis de varianza de los parámetros físico y químicos del suelo agrícola.....	66

Tabla 26: Tukey de humedad	67
Tabla 27: Tukey MO	67
Tabla 28: Tukey Nitratos	68
Tabla 29: Tukey Nitratos	68
Tabla 30: Tukey Nitrógeno	69
Tabla 31: Normalidad del porcentaje de reducción de As	69
Tabla 32: Análisis de varianza	70
Tabla 33: Tukey Porcentaje de reducción As	70

Índice de Figuras

Figura 1: Diagrama de procedimiento.....	22
Figura 2: Ubicación de la zona de investigación.....	23
Figura 3: Excavado de hueco	24
Figura 4: Profundidad del hueco	24
Figura 5: Mapa del lugar de recolección de muestra.....	25
Figura 6: Delimitar área de estudio.....	25
Figura 7: Medida del área	25
Figura 8: Proceso de marcado.....	26
Figura 9: Área delimitado	26
Figura 10: Muestra de primer punto.....	26
Figura 11: Muestra de 30 puntos	26
Figura 12: Equipos de protección	27
Figura 13: Herramientas y equipos	27
Figura 14: Lavado Figura.....	28
Figura 15: Secado de cáscara de huevo	28
Figura 16: Fraccionamiento de cáscara.....	29
Figura 17: Agregado de cáscara.....	29
Figura 18: Tratamiento térmico	29
Figura 19: Evaluación de la cocción	29
Figura 20: Molienda de la cáscara.....	30
Figura 21: Producto final de molido	30
Figura 22: Granulometría.....	30
Figura 23: Malla final.....	30
Figura 26: Repeticiones 3x3x3.....	34
Figura 27: Periodo 1 (15 días)	34
Figura 28: Periodo 2 (30 días.....	34
Figura 29: Periodo 3 (45 días)	34

Figura 30: Homogenización de la muestra	35
Figura 31: Tiempo de homogenización.....	35
Figura 32: Muestra homogenizada	35
Figura 33: Cuarteo de la muestra	35
Figura 34: Medición de temperatura	36
Figura 35: Medición del pH.....	36
Figura 36: Multiparámetro Scientific.....	36
Figura 37: Medición de la conductividad.....	37
Figura 38: Equipo y muestra	37
Figura 39: Oxidación – reducción	38
Figura 40: Multiparámetro Scientific.....	38
Figura 41: Representación de estados y trayectorias volumétricas y gravimétricas en suelos.....	38
Figura 42: Peso de muestra húmeda + crisol	39
Figura 43: muestras húmedas	39
Figura 44: Secado de muestras húmedas	39
Figura 45: Muestra Seca + crisol	39
Figura 46: CIC muestra 9.....	41
Figura 47: Capacidad intercambio catiónico.....	41
Figura 48: Preparación para% COT.....	42
Figura 49: Preparación para %MO	43
Figura 50: Preparación para nitratos	44
Figura 51: Medición de nitratos por espectrofotometría UV/v	44
Figura 53: Evaluación de tiempo y dosis optima en el tratamiento con cáscara de huevo.....	47
Figura 54: Temperatura en los diferentes periodos.....	50
Figura 55: Potencial de hidrogeno en los diferentes periodos.	51
Figura 56: Conductividad eléctrica en los diferentes periodos.	52

Figura 57: Potencial redox en los diferentes periodos.....	53
Figura 58: Humedad del suelo en los diferentes periodos.	54
Figura 59: Capacidad de intercambio catiónico.....	55
Figura 60: Carbono orgánico total.....	56
Figura 61: Materia orgánica	57
Figura 62: Nitrógeno en diferentes periodos.....	58
Figura 63: Nitratos en diferentes periodos.....	59
Figura 64: Relación carbono nitrógeno de los periodos	60
Figura 65: Porcentaje de reducción	61

I.- INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la salud humana se está viendo afectada gravemente por la contaminación del suelo con arsénico (Montoya, 2015). Esto debido a que el arsénico se encuentra en la mayor parte de la superficie terrestre. Fijadas al suelo mediante actividades del hombre en la agricultura con la aplicación de agroquímicos y en la minería con relaves, así como también de manera natural con actividades geológicas y volcánicas (Lagos 2020, p. 14).

El suelo viene hacer un ecosistema valioso a nivel global (Monteiro et al., 2021) porqué de su calidad depende la buena producción de los alimentos, como también es parte de la regulación del clima, siendo las actividades antropogénicas responsables de la contaminación del suelo, ya que están expuestos al uso de pesticidas, insecticidas, y fertilizantes (FAO,2018).

En el Perú la problemática se encuentra en los suelos agrícolas por contaminación con plaguicidas, que se utilizan en los campos de cultivo para controlar a los parásitos y enfermedades en las plantas, clasificándose como: insecticida, herbicidas, fungicidas y rodenticidas, siendo una más toxicas que otras.

En el distrito de Santa rosa de quives, provincia de Canta, se evidenció el mal manejo de agroquímicos de clase I y clase II. Debido a ello la problemática de la calidad de suelo se altera por contaminación de residuos de arsénico. Los agroquímicos son utilizados para evitar la presencia de plagas y por su mal manejo son depositados en el suelo, originando suelos de poca fertilidad y son absorbidas por las plantas, dando productos de consumo de mala calidad (Andrade, 2017).

Canta es una provincia de Lima que tiene entre sus principales actividades la agricultura. Por tal motivo es de mucha importancia dar a conocer la remediación de suelos agrícolas contaminados con arsénico, mediante el uso de la cáscara de huevo se podrá neutralizar el metaloide para que no sea absorbido por las plantas y continúe con la cadena trófica. El carbonato de calcio podría disminuir la biodisponibilidad del arsénico (Maolin et al., 2021). Por tal motivo nuestro proyecto de investigación propone el uso de la cáscara de huevo, en el

tratamiento del suelo para obtener una mejor producción que originará una vida saludable y sostenible.

Por lo expuesto, la presente tesis tiene como **problema general**: ¿Se remediará el suelo agrícola contaminado con arsénico aplicando cáscara de huevo en la provincia de Canta? De la que derivan los **problemas específicos**: ¿Cuáles serán las características físicas y químicas de la cascará de huevo, para tratar el suelo agrícola contaminado con arsénico? ¿Cómo será el tiempo y la dosis optima de la cascará de huevo en el tratamiento del suelo agrícola contaminado con arsénico? ¿Cómo serán las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola antes y después del tratamiento con cascará de huevo? ¿Cuál será la reducción del arsénico en suelo agrícola, tratado con cascará de huevo? Teniendo como justificación: **Justificación socio - económica**: Esta investigación tendrá gran preeminencia social debido al impacto que tiene la calidad del suelo para los pobladores del poblado de San José - Canta, los cuales su ingreso económico y alimenticio proviene de su propia agricultura. Lamentablemente no tienen la capacitación adecuada respecto a la utilización de agroquímicos, así como la identificación o tratamiento de posibles contaminantes que afectan su agricultura. Asimismo, se busca aprovechar un residuo que generalmente se acumula en las industrias avícolas, negocios (restaurant, mercado), el cual pueda servir para remediar un suelo agrícola contaminado con arsénico. **Justificación ambiental**: el proyecto de investigación propone el uso de cáscara de huevo como medio de remediación de un suelo agrícola contaminado con arsénico; para el cual planteamos como **objetivo general**: Determinar el nivel de remediación del suelo agrícola contaminado con arsénico, aplicando la cáscara de huevo en la provincia de Canta, lo que generó los **objetivos específicos**: Identificar las características físicas y químicas de la cascará de huevo para tratar el suelo agrícola contaminado con arsénico, Evaluar el tiempo y la dosis optima de la cáscara de huevo para el tratamiento del suelo agrícola contaminado con arsénico, Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola contaminado con arsénico antes y después del tratamiento con cascará de huevo, Determinar la reducción del arsénico en suelo agrícola, tratado con cáscara de huevo, debido a ello planteamos la siguiente **hipótesis general**; La cáscara de huevo producirá efectos directos en la remediación del

suelo agrícola contaminado por arsénico en la provincia de Canta. Así como las **hipótesis específicas:** Las características físicas y químicas de la cascará de huevo, influyen en el tratamiento del suelo agrícola contaminado con arsénico; El tiempo y las dosis de la cascará de huevo influyen en el proceso de remediación del suelo agrícola contaminado con arsénico; Las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola se mejorarán después del tratamiento con cascará de huevo; La reducción del arsénico en suelo agrícola será mayor al 50% después del tratamiento con la cascará de huevo.

II.- MARCO TEÓRICO

Cáscara de huevo es la cubierta externa, que aísla el contenido interno y actúa como barrera de protección para que los microorganismos no lo dañen, siendo su principal contenido el calcio, se sabe que su calidad depende del metabolismo, la genética, salud de la gallina. El recubrimiento exterior está compuesto por carbonato de calcio representando en 96% a 98% del total de la cáscara, así como de pequeñas cantidades de carbonato de magnesio, fosfato de calcio y materias orgánicas, como proteína, esta aporta rigidez, resistencia y protección al contenido interno del mismo (Posso, 2020).

Huanca y García (2019) utilizó la cáscara de huevo para neutralizar un suelo agrícola ácido, el cual tuvo un pH inicial de 4.98. El experimento se llevó a cabo con 36 muestras, dosis de 100%, 200% y 400%, donde se aplicaron cáscaras tamizadas con dos tipos de granulometrías (53-106 μm) y no tamizadas (< 1,7 mm). Se evaluaron en tres etapas, a los 45, 90 y 135 días teniendo como mejor resultado de neutralización a los 135 días con dosis de 400% con un valor de pH 7.45, 7.63. Se concluye que la utilización de cáscara de huevo tamizado o no tamizado tienen un efecto favorable en el aumento del pH y estabilidad de la acidez variable.

Silva y Saray (2019) estableció la condición adecuada para una correcta absorción de arsénico sobre la cáscara de huevo en una solución sintética. Para el experimento se tomaron tres puntos de muestreo del río Tambo: Quelga, Ayanquera y El Toro, de los cuales para realizar un análisis de calidad de agua, Quelga (0.09342 mg/l) y Ayanquera (0.08605 mg/l) exceden el estándar decretado en el D.S. N° 004-2017- MINAM, en las categorías I, III, A1, A2 y B1 y el punto de muestreo de Toro (0.13481 mg/l) en la categoría I, III, IV, A1, A2, B1. Se realizaron 36 experimentos con 3 g de cáscara de huevo, los cuales estuvieron divididos en 6 grupos de 6 experimentos. Se consideró Tiempo, Relación masa de cáscara de huevo / concentración de arsénico, tiempo y pH. Se obtuvo como resultado inicial 97,0585% de remoción de arsénico, el cual disminuyó a 70,229% de remoción por lo que se tuvo que aumentar la dosis de 3g a 4.5g, teniendo como resultado final 93,3239% de remoción de Arsénico, por lo que se logró cumplir con la normativa ambiental. Se concluye que la masa

de cáscara de huevo a una proporción de 4.5g en una solución a 120 minutos tiene resultados favorables en la adsorción de arsénico de las aguas del río Tambo.

Composición química de la cáscara de huevo de gallina: La parte que recubre el huevo está formado químicamente con 1.70 % de agua, 3,30 % de materia orgánica y 95% de minerales, dentro de los minerales el 94% está formado por carbonato de calcio (CaCO_3) y el resto fosfato tricálcico ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) y carbonato de magnesio (MgCO_3) (Bedoya y Valencia, 2020).

Capa de cutícula: Es la parte más externa del huevo, fundamental porque cubre los poros para protegerlo de humedad, esta contiene la mayor parte de pigmentos. razón por la que se debe realizar un tratamiento térmico en torrefacción para despejar los poros de la cáscara (Salvador y Tarazona, 2019).

Carbonato de calcio: Tiene como compuesto tres elementos: calcio, carbono y oxígeno; cuya fórmula química es CaCO_3 . Es una sustancia que se puede encontrar en la naturaleza en abundancia ya que es el componente principal de algunas rocas y también de los esqueletos, valvas de ciertos organismos como los corales y conchas, también la cáscara de huevo (Murakami et al., 2007).

Chen et al. (2018) realizó la evaluación de dos técnicas (lixiviación en columnas y lotes) donde se utilizó biocarbón con una granulometría de 2 mm y conchas de ostra 0.3 mm. El experimento se realizó con cinco tratamientos: T1: 2% biocarbón, T2: 4% biocarbón, T3: 1% biocarbón y 1% conchas de ostra, T4: 2% biocarbón y 2% conchas de ostra, en Guangxi extremo sur de China. Se concluye que las enmiendas (2% y 4% de adición, p/p), la fracción de arsénico intercambiable disminuyó de 105,8 a 54,0 mg/kg. La aplicación de 2% biocarbón 2 % de concha de ostra redujo de forma más eficaz los niveles de As en la prueba de lixiviación en columna al reducir la concentración de arsénico en el agua intersticial en un 62,3 % en comparación con el tratamiento sin enmienda.

Quispe (2018) estimó la eficacia del carbonato de calcio que contiene la cáscara de huevo para restablecer la calidad de un suelo ácido y aumentar la producción de Zea Mays. La realización del estudio y las pruebas químicas se llevaron a cabo en el laboratorio de biotecnología. Para realizar las pruebas se emplearon

0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 g.kg⁻¹ de cáscara de huevo con tamaños de medida menor a 0.125 mm, se contó con tres repeticiones para cada muestra, se incubaron por 40 días, aportando un conjunto de 27 pruebas, los resultados obtenidos fueron estadísticamente evaluados, con el propósito de establecer las divergencias significativas entre ellos. En estas pruebas se lograron resolver el aumento del pH, obteniendo como resultado el progreso del suelo de un pH preliminar de 4.29 a 7.65 de pH con una aplicación de 40g.kg de cáscara de huevo, además el maíz cultivado logró un buen desarrollo a los 25 días.

Nazrin et al. (2020) realizó un estudio para la biorremediación de suelos contaminados con cadmio mediante el método de precipitación de carbonato de calcio inducido por microbios (MICP). Esta investigación trata sobre eliminar el cadmio (Cd) utilizando la bacteria *Sporosarcina pasteurii* mediante la hidrólisis de la urea. Al iniciar se calculó para eliminar el Cd de una solución con contenido de 0,5, 1 y 2 mmol l⁻¹ de Cd (como CdCl₂.5H₂O) y seguidamente se calculó para eliminar cadmio suelo arenoso y arcilloso con contenido 10, 20, 40 y 50 mg kg⁻¹ de Cd para que luego ambos suelos sean inoculados con bacterias. Al realizar la evaluación se demostró que la eficacia de eliminación de Cd fue del 99,6% en 0,5 mmol l⁻¹ y del 99,8% en 1 y 2 mmol l⁻¹ de soluciones de Cd y la concentración de Cd se redujo de manera significativa en la fracción intercambiable en solución ($p \leq 0.05$). por lo tanto, la cantidad de Cd en la fracción de carbonato en suelos arenosos como arcilloso aumento de manera significativa en presencia de bacterias ($p \leq 0.05$). En consecuencia, la precipitación de carbonato de calcio inducido por bacterias no solo inmovilizó el cadmio, sino que además mejoró la actividad microbiana y enzimática.

Membrana de cáscara de huevo: La forma una capa delgada que tiene una función de filtro para que microbios no pasen o retarden en pasar, se pudo observar que la separación entre la membrana de cáscara de huevo y su corteza lo que se da es una diferencia de densidades, entre el trifosfato pentasódico que llegan a modificar el pH y tienen un comportamiento de secuestradores de metales divalentes (Fernández y Arias, 2000).

Granulometría en la cáscara del huevo: Es un procedimiento mecánico o manual mediante el cual se puede separar las partículas según tamaños y poder

conocer el peso de cada tamaño obtenido, se utiliza una malla con aberturas de acuerdo al tamaño requerido (Dorador et al., 2018).

Suelo contaminado por arsénico se puede dar de forma natural o por actividades antropogénicas como también por actividades relacionadas a la minería (Ruíz, 2020, p.12), asimismo el arsénico se puede transportar por las aguas subterráneas, contaminando los suministros de agua y el entorno natural (Li et al., 2017, p. 31). En el medio ambiente se encuentran diferentes metales tóxicos entre ellos está el **arsénico**, este metal se encuentra en el suelo como metaloide formado por diversos factores químicos, físicos y biológicos. El suelo se contamina con arsénico, así como también se distribuye mediante procesos naturales y antrópicas. La facilidad de movilización de este metal y la bioacumulación es una problemática para el medio ambiente a nivel mundial porque al exponerse a este metaloide de manera prolongada pueden producir perjuicios permanentes en la salud (Rangel Montoya et al., 2015). El cultivo en suelos contaminados con As, acumula cantidades significativas de este metal en los granos, partes comestibles y brotes; es así como entra a la cadena alimentaria además el crecimiento y el desarrollo de las plantas se ven afectados, así como también en el proceso metabólico incluido la disponibilidad de nutrientes esenciales como la fotosíntesis (Jie Zhang et al., 2021). Así mismo al ser bioacumulativo el arsénico llega a tener niveles tóxicos en el organismo humano, provocando mutaciones y afectaciones en el desarrollo fetal o embrionario (Sun et al., 2018).

Por lo tanto, Ganghui et al. (2021) evaluó los efectos de los inoculantes bacterianos reductores de arseniato (C13, F2, F2-As e inoculante microbiano compuesto). El resultado de la investigación evidencio que al aplicar F2, F2-As y el inoculante microbiano compuesto favorecieron de manera significativa el desarrollo de las plantas, aumento la concentración de arsénico en *Pteris vittata* y se redujo la disponibilidad de As en el suelo. Esos resultados se compararon con el tratamiento sin inocular la cual mostraron como resultado, la biomasa de la fronda y la concentración de As en *Pteris vittata* aumentaron entre un 14,89 % -50,98 % y entre un 26,83 % -54,26 %, respectivamente, y la disponibilidad de As se redujo entre un 0,55 % -3,82 %. Por lo tanto, se mostró que la mayor eficiencia para la remediación se obtuvo en el tratamiento con inoculación F2-As

y *P. vittata*, con una tasa de eliminación de As de 6.66% con un periodo experimental de tres meses.

Chatchai et al. (2019) realizó una investigación de la movilidad y la biodisponibilidad del arsénico en suelo agrícolas después de un tratamiento mediante el método de extracción secuencial (ES) y análisis multivariante para el cual aplicaron varios factores para el proceso de estabilización. Las enmiendas utilizadas fueron FeSO₄, FeCl₃, Fe-EDTA y CaCO₃ aplicados de 0 (control), 0,1%, 0,5% y 1 % p/p. Al realizar ES se obtuvo un total de 8 fracciones en suelos aplicados la enmienda para dar seguimiento la partición del As y los resultados mostraron que Fe-EDTA evidencio poco efecto el pH del suelo, CaCO₃ poseía la suficiencia para reducir la biodisponibilidad, pero no fue efectivo en la movilidad del As, mientras el FeSO₄ mostro mayor efectividad en cuanto a la reducción de la biodisponibilidad y movilidad del As en suelos contaminados. Por lo tanto, se puede concluir mediante los resultados cuantitativos que la biodisponibilidad se redujo en un rango de 60- 95% en suelos tratados a base de Fe, y los suelos tratados a base CaCO₃ solo redujo el 38% en comparación con el suelo control.

Himanshu et al. (2021) su investigación consiste en evaluar su capacidad de remediación del arsénico, respuesta morfológica y bioquímica de la planta *Vetiveria zizanoides* L. cultivados en un suelo contaminado de manera artificial con arsénico con diferentes concentraciones (0, 50, 100, 250, 500, 1000 mg kg⁻¹) durante 30, 60 y 90 días. Los resultados evidenciaron la efectividad de la planta con una reducción de As del 71% en 90 días cuando el cultivo fue en 50 mg kg⁻¹ de As además se evidencio un aumento de brotes secundarios (43 %), la biomasa (30 %) y la altura de la planta (26%) en comparación con el control después de 90 días. En cultivos de concentraciones bajas de As (hasta 250 mg kg⁻¹) no afecto el crecimiento de la planta tampoco el contenido de metabolitos reactivos del ácido tiobarbitúrico (TBARM) y cuando el cultivo fue en 1000 mg kg⁻¹ de As se evidencio un aumento en el contenido de TBARM en raíces y macollos como 84% y 79% después de 90 días además se mostró que las actividades de las enzimas antioxidantes, superóxido dismutasa, ascorbato peroxidasa, guayacol peroxidasa y catalasa aumentan en respuesta al estrés por

As de manera coordinada así como, varios antioxidantes no enzimáticos también proporcionaron defensa a las plantas contra el estrés por As.

Hyun-Shik et al. (2018) en su trabajo de investigación de remediación de suelos contaminados con arsénico evaluando tres agentes de tratamiento de residuos recuperados (WRTA) distintos para suprimir el arsénico en lotes a escala de laboratorio, experimentos en columnas y pruebas de campo. Para WRTA1 se sintetizó utilizando lodo de drenaje ácido de mina (AMDS), cemento y arena y para WRTA2, WRTA3 se sintetizó adicionando cenizas volantes o hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), respectivamente, a WRTA1. La mayor efectividad de adsorción en WRTA1, WRTA2 y WRTA3 para As(III) fueron 16,6 mgg^{-1} , 14,5 mgg^{-1} y 20,6 mgg^{-1} , respectivamente, y para As(V) fueron 29,6 mgg^{-1} , 27,3 mgg^{-1} y 31,3 mgg^{-1} , respectivamente. La evaluación en columna evidenció que los WRTA son adsorbentes muy efectivos y manifiesta una disminución de >80% de As del suelo contaminado. La prueba de campo evidenció la inhibición de la concentración de As en cultivos (es decir, arroz, chile y sésamo) por parte de los WRTA y mostró una inhibición del 96 % en la concentración de As en raíces.

Min et al. (2022) en su investigación para remediar suelos contaminados con arsénico bajo condiciones de inundación, sintetizaron el oxihidróxido de hierro y la ganga de carbón modificada con sulfato de oxihidróxido de hierro (CG-FeOH y CG-FeOS). Al aplicar CG-FeOH y CG-FeOS al suelo contaminado, el valor del pH se redujo en 0,10 y 0,80 y 0,13–1,63 unidades y la concentración del arsénico disponible se redujo en 13,46–43,44% y 21,31–54,37%, respectivamente comparados con el control. Los resultados evidenciaron que CG-FeOH y CG-FeOS podrían convertir como fracción geoquímica y estado de valencia, en conclusión, disminuye la concentración de As disponible en cultivos de arroz. Asimismo, el sulfato podría mejorar la oxidación y precipitación de As con CG-FeOH. En comparación con CG-FeOH, CG-FeOS fue más eficaz para disminuir la concentración de As disponible y oxidar As(III) a As(V).

Zhang et al. (2020) se evaluó el efecto del biocarbón de paja, el óxido de hierro y el biocarbón modificado en el componente de los microorganismos y las propiedades químicas de un suelo contaminado con arsénico incubado durante nueve meses. Al evaluar las propiedades químicas del suelo y la comunidad microbiana mostraron como resultado que al agregar el biocarbón el valor del

pH, la densidad de carbono orgánico del suelo (COS) y la proporción de carbono - nitrógeno (C: N) aumenta de manera significativa, pero aminoro el carbono orgánico disuelto en el suelo. Algo similar ocurre al añadir el óxido de hierro con el aumento del valor del pH, mientras el biocarbón modificado con óxido de hierro lo disminuyó. Comparados con el control todos los tratamientos disminuyeron de manera significativa los microorganismos totales del suelo, esto debido a que se alteró la relación C: N del suelo ya que la comunidad microbiana está regulada por la relación C: N del suelo.

Calva, Pinedo y Rodríguez (2022) evaluaron la movilidad del cadmio en suelos contaminados aplicando enmiendas (materiales carbonáceos y calcáreos) en diferentes tratamientos con presencia de polvo de carbón vegetal y carbonato de calcio. Este estudio se realizó con suelo contaminado con cadmio con una concentración de 50 mg Cd kg⁻¹ las cuales se colocaron en un invernadero con plántulas de cacao, para que luego sean aplicadas las enmiendas con disposición de polvo de carbón vegetal y carbonato de calcio en diferentes tratamientos. Al realizar la caracterización del carbón vegetal mediante la microscopia y pruebas de adsorción se encontró como resultado ser un componente con macro poros, con una capacidad máxima de 8,06 mg Cd g⁻¹ y un comportamiento cinético favorable. También se encontró como resultado del encalado que la movilidad del cadmio se redujo en las plántulas de cacao con una concentración residual de Cd en el suelo de 35 mg Cd kg⁻¹.

Dengxiao et al. (2021) evaluó el efecto de la aplicación de fertilizantes de azufre elemental y yeso en la remediación de suelos contaminados con arsénico en cultivos de arroz, el cual tuvo como objetivo averiguar las funciones que cumplen el fertilizante de azufre en el almacenamiento del arsénico en el arroz. Para realizar esta investigación se eligió azufre elemental (ES) y azufre de yeso (GS) como fertilizantes de azufre y se aplicaron en diferentes dosis (0, 0,15 y 0,30 g S kg⁻¹ de suelo). Como resultado se evidencio que el tratamiento con ES y GS incremento de manera significativa la productividad del grano de arroz en un 46,6–59,7 % y disminuyo significativamente la concentración de arsénico en grano de arroz en más del 39,1%. Comparando ambos tratamientos se podría decir que ES aumento la disponibilidad de arsénico en el suelo mientras que el GS evidencio poco efecto, esto quiere decir que al aplicar azufre promueve la

formación de placas de hierro y manganeso, estos elementos suprimen la migración de arsénico del suelo a la raíz del arroz. Igualmente, el tratamiento con azufre redujo el arsénico que migraba de las raíces del arroz a los granos entre 33,3% - 66,7%. En conclusión, al aplicar azufre aumenta la disponibilidad de arsénico en el suelo, pero inhibe la acumulación de arsénico en las raíces y granos.

Lei et al. (2019) realizó la remediación ecológica de suelos contaminados con As y Pb mediante el método de estabilización/solidificación (S/S) a base de arcilla sin cemento, este método consiste en aclarar las interacciones químicas con los aglutinantes de arcilla activados por álcali y los elementos tóxicos. Al realizar el análisis cuantitativo de difracción de rayos X y resonancia magnética nuclear, mostraron que la agregación de cal activó efectivamente la hidratación de la arcilla de caolinita, y al agregar la piedra caliza beneficio aún más la polimerización de los hidratos mientras que la espectroscopia de fotoelectrones de rayos X evidenció que el 19% de As[III] se oxidó a As[V]. En el proceso de tratamiento el As y el Pb consumieron Ca(OH)_2 y precipitaron como $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ y $\text{Pb}_3(\text{NO}_3)_2(\text{OH})_5$, respectivamente, lo que interpreta reducida lixiviación del As (7,0 %) y Pb (5,4%). Por lo tanto, se puede concluir que se necesita suficiente dosificación de cal para asegurar una solidificación favorable e inmovilización de contaminantes de los productos de S/S a base de arcilla. Las muestras de suelo tratadas con alto contenido de Ca S/S evidenció que la lixiviación de As y Pb se redujo en un 96,2 % y un 98,8 %, respectivamente.

Shraddha et al. (2022) evaluó el potencial de las plantas autóctonas para la fitorremediación de aguas y suelos contaminados con arsénico. La presente investigación se diseñó para indagar la capacidad de remediación que tienen las plantas autóctonas de la aldea Dakshin Panchpota contaminada con As del distrito de Nadia (W.B.) ya que los resultados de análisis mostraron en muestras de suelo y agua los niveles más altos de arsénico y metales pesados. Para realizar las investigaciones se muestrearon veintiocho plantas (dieciocho terrestres, diez acuáticas) del lugar contaminado de las cuales diez plantas fueron terrestres y siete plantas acuáticas que evidenciaron un factor de bioacumulación (FBC) > 1. De todas las plantas terrestres analizadas la de

mayor eficiencia acumulativa y translocación fue *Althernanthera ficoides*, lo que demuestra su capacidad para remediar suelos contaminados con As. Mientras que en las plantas *Phyllanthus amarus* y *Cyanodon dactylon*, evidencio más As en los brotes comparado con las raíces eso demuestra la viabilidad para la Fito extracción. Mientras que en plantas acuáticas fueron *Eicchornia crassipes* y *Marsilea quadrifolia* con mayor efectividad para remediar suelo contaminado con As.

Albert et al. (2022) evaluó el efecto que podría tener la aplicación del biocarbón, el compost, el óxido de hierro, el estiércol y los fertilizantes inorgánicos en un suelo altamente contaminado con concentración total de 1807 mg/kg de arsénico, para el estudio se aplicó fertilizante NKP a 0.1, 0.2 y 5.0 g/Kg y el resto al 0,5 %, 2 % y 5 % (p/p) al suelo contaminado. Al evaluar los resultados el compost, el estiércol y el biocarbón en la muestra del 5 % mejoraron el C y el N totales, así como el K⁺, Mg²⁺ y Na⁺ intercambiables. Sin embargo, se redujeron el P disponible de 118,5 mg/kg, a 60,3 mg/kg en estiércol, 12,6 mg/kg en compost y 7,1 mg/kg en óxido de hierro. Comparado con el control la adición del óxido de hierro redujo el arsénico fácilmente en un 93% y la biodisponibilidad de arsénico en el suelo incremento con el aumento del pH del suelo y los contenidos de Cl⁻, DOC y K⁺ y Na⁺ intercambiables con esto se concluye que los materiales ricos en hierro se pueden usar para reducir la biodisponibilidad de As para mitigar el riesgo ambiental y la salud humana.

Khalid et al. (2022) evaluó mediante ensayos en macetas para investigar la aplicación de biocarbón y su efecto remediador en la toxicidad del arsénico (As) en las plantas de soja. Los resultados evidenciaron que el As inhibe el desarrollo normal de la planta e incremento con una mayor concentración de As en el sustrato es decir el crecimiento se redujo en 40% y la concentración de osmolitos, pigmentos fotosintéticos y enzimas antioxidantes se redujeron entre las plantas estresadas por As. Sin embargo, al aplicar biocarbón incremento el desarrollo de la planta y mejoraron las concentraciones de los sustratos y redujo de manera significativa la absorción del As quedando retenida en las raíces.

Jizi et al. (2020) en su estudio para la remediación de suelos contaminados con arsénico y cadmio desarrolló un innovador biocarbón magnético sustentado en calcio (Ca-MBC) mediante la pirolisis de paja de arroz combinado con carbonato

de calcio y óxido de hierro. Los resultados evidenciaron que el tratamiento con Ca-MBC incremento el pH del suelo, disminuyo la biodisponibilidad del cadmio, facilito la formación de fracciones inestables de arsénico a estables, remedio la contaminación conjunta de Cd y As, mediante un pH elevado con formaciones de quelatos bidentados y complejos superficiales ternarios sobre la superficie del óxido de hierro además incremento biodiversidad bacteriana y modifico los taxones bacterianos que provoco el cambio en la composición.

Yi et al. (2022) en su trabajo de remediación de suelo agrícola contaminado con cadmio y arsénico fue evaluar las respuestas de las enzimas del suelo en la etapa de crecimiento del cultivo de arroz, para ello se requiere el entendimiento de la dinámica de la actividad enzimática, indicadores de fertilidad y la salud del suelo. Por lo tanto, para realizar la experimentación se identificó suelos con As de niveles bajos (BA) y niveles altos (AL) para luego aplicar enmienda a base de calcio y hierro (piedra caliza + polvo de hierro + fertilizante de silicio + fertilizante de fosfato de calcio y magnesio) en concentraciones de 0, 450 y 900 g·m⁻² (etiquetado como CK, T1 y T2, respectivamente), y la evaluación se realizó en las etapas de macolla miento (TS), arranque (BS), llenado (FS) y madurez (MS). En el cultivo de BA, la actividad de la ureasa aumento en un 15,8 % con el tratamiento T1 en el MS, la actividad de la catalasa incremento en el tratamiento T2 en un 52,4 % en el FS y un 25,9 % en el MS, y la actividad de la fosfatasa ácida incremento en un 50,1 %–65,9 % en el TS y en el cultivo AL, la actividad de la ureasa aumentó de 101,6 % y 28,6 % en FS y MS, respectivamente. La actividad de catalasa aumentó un 29,0 % en el MS bajo el tratamiento T2, y la actividad de la fosfatasa ácida aumentó de 40,5 %, 16,0 % y 53,9 % en el BS, FS y MS, respectivamente. Finalmente se puede concluir que después de la aplicación de las enmiendas a base de Ca-Fe los cambios de la actividad de enzimática aumentaron, así como el pH, la capacidad de intercambio catiónico y se redujo el Cd y As disponible, lo que minimizó el contenido de Cd y As en el arroz integral.

Dong et al. (2021) realizo para la remediación de suelos contaminados con cadmio y arsénico efectuaron un diseño de hierro de valencia cero a nana escala con biocarbón (nZVI-BC) para reducir de manera sincrónica la disposición del cadmio y arsénico en el suelo y su bioacumulación en cultivos. Se demostró que

nZVI-BC evidencio un beneficio notorio para la estabilización de Cd y As en el suelo, y su disposición se redujo en un 34,93 % de cadmio y 32,64 % de arsénico, comparado con la muestra control, por lo tanto, la experimentación en todas las macetas se demostró que al aplicar nZVI-BC impide la bioacumulación de Cd y As en cultivos en un 23,63–36,48 % y un 43,09–45,10 %, respectivamente y todo se logró con un total de 180 días de incubación.

Por tanto, definiremos al **suelo agrícola** como un suelo especial, ya que tiene que tener en balance la presencia de los principales nutrientes: nitratos, amonio, sulfato, potasio, magnesio, calcio, sodio, cloruro, así como moderar el pH, la textura y conductividad energética, para un desarrollo óptimo de los cultivos. (Rodríguez et al., 2020, p.390). Entonces se entiende de la **calidad de suelo** como función principal de mantener una producción permanente sin perder y/o afectar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aminorando los contaminantes ambientales, para así ayudar a la salud de plantas, animales y humanos (Bautista et al., 2004, p.2). Las prácticas agrícolas deben ser sostenibles y con una orientación en la conservación del suelo, la inocuidad y un elevado rendimiento. Esta última característica quiere decir que las producciones de alimentos deben estar libres de residuos de agroquímicos (Tofiño et al., 2020, p.1).

Los parámetros físicos y químicos evaluados como indicadores de calidad del suelo para nuestra investigación tenemos; la **materia orgánica** que se define como restos de plantas y animales formados de compuestos como el carbohidrato, proteína y lignina para luego pasar a ser descompuesta por los microorganismos en compuestos más reducidos como el dióxido de carbono y material húmico. En el proceso de descomposición los microorganismos pueden obtener nitrógeno del suelo. Los nutrientes del suelo mejoran con la materia orgánica y el humus, así como también su estructura, la textura del suelo, drenaje del suelo, también previenen la erosión, mejoran la capacidad de retención de nutrientes (Julca et al., 2006). Su proporción adecuada es importante porque es favorable para el desarrollo de una buena estructura, mejorando la aireación del suelo y la capacidad de retención del agua, así como también la resistencia a la erosión aumentando la capacidad total de cambio haciendo favorable a una buena reserva de nutrientes del suelo (Andrades y Martínez, 2022). (anexo 8).

Carbono orgánico total (COT) son beneficiosos para las propiedades físico, químicas y biológicas del suelo ya que es considerado como un principal indicador de la calidad del suelo por eso es importante establecer con precisión (Eyherabide et al., 2014). Los carbonatos tienen una influencia positiva en la estructura del suelo y en la actividad de los microorganismos, un exceso de este elemento podría traer problemas de nutrición en plantas por incompatibilidad con otros elementos (Andrades y Martínez, 2022). (anexo 7). **Nitrógeno** (N) es uno de los macronutrientes considerados que tiene el suelo, que es un componente necesario, para los microorganismos que habitan en el suelo, además de ser un elemento de la formación de proteínas, así como también de la formación de las combinaciones orgánicas de vegetales. En la actualidad se ha demostrado que la reducción de este nutriente en el suelo limita el crecimiento de las plantas como consecuencia de ello podría disminuir la producción de los cultivos (Florencia et al., 2019, p.1). **Relación carbono/nitrógeno del suelo** (C/N) nos indica el porcentaje de disponibilidad de nitrógeno para las plantas. La descomposición lenta de la materia orgánica se debe a los altos valores de C/N, por lo que se recomienda tener un valor menor a 15%, para tener una mejor descomposición de materia orgánica ya que los microorganismos serán más eficientes (Gamarra et al., 2017, p.7). Los microorganismos viven a expensas a utilizar carbono y nitrógeno en la transformación de la materia orgánica que aportan sustancias asimilables a las raíces (AGROFORUM, 2017). (anexo 10). **Nitratos** es el resultado de la conversión del nitrógeno fijado por microorganismos a formas utilizables por las plantas es decir la principal forma de absorción de las plantas. Es muy móvil en el suelo, fácil de perderse por lavado en virtud de la ausencia de mecanismos de adsorción o precipitación. Forma compuestos muy solubles (Florencia et al., 2019). **Potencial de hidrógeno** es importante mantener un valor de 6.5 y 7.0 de potencial de hidrógeno, nos permite mantener una correcta absorción de nutrientes del suelo mediante las plantas y un rendimiento adecuado con mayor productividad (Ginés y Mariscal, 2002, p.1), así como influye en la movilidad, solubilidad, de los contaminantes inorgánicos del suelo (FAO, 2021). Un pH neutro optimiza la condición para el buen desarrollo de la mayoría de cultivos, así como la asimilación de la mayoría de nutrientes (Andrades y Martínez, 2022). (anexo 4).

Conductividad eléctrica (CE) se encarga de medir la concentración de sales solubles en la solución del suelo (INTAGRI,2017). La Conductividad eléctrica está determinada por una combinación de propiedades físico-químicas del suelo, como la textura, humedad del suelo, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, salinidad, pH, Ca⁺² y Mg⁺², tipos de suelo, entre otras (FAO, 2021). En el suelo se contiene siempre soluciones de sales solubles en mayor o menor cantidad, pero si llega a un punto de saturación, las plantas no pueden subsistir ya que no todos los cultivos tienen la misma resistencia a un medio salino por lo tanto una correcta interpretación de la CE debe estar relacionado al tipo de cultivo (Andrades y Martínez, 2022). (anexo 5). **Potencial redox** es una medida de la actividad de los electrones en el suelo, tiene similitud con el pH, dentro de una reacción redox siempre existe algún elemento que se oxida y otra se reduce esto quiere decir que hay una transferencia de electrones entre las mismas, esta reacción va junto a un intercambio de energía química ya sea que se libere o se almacene en los compuestos formados en ese proceso (Fagundo et al., 2005, p. 32). **Humedad Gravimétrica** es la relación de la masa de fracción líquida y masa de fracción sólida de un suelo, del cual se requiere realizar un estudio para determinar la humedad de la muestra (Flores y Alcalá, 2010). **Permeabilidad** es la facultad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire sin afectar su estructura interna (Angelone et al., 2006, p.3). **Capacidad de Intercambio Catiónico** es la cantidad de cationes que la superficie puede retener, así como la cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.) (Chávez, 2015). El CIC del suelo dependerá del tanto por ciento de arcilla y la cantidad de materia orgánica (Andrades y Martínez, 2022). (anexo 6). **Capacidad de campo** es la capacidad que tiene el suelo de retener agua o humedad luego de haber sido mojado abundantemente, del cual también depende la cantidad de materia orgánica y de la textura que presente el suelo (Zotarelli et al.,2013, p.1). **Textura del suelo** esta formados por una base compacta de compuestos orgánicos e inorgánicos ocupando una parte de la totalidad del volumen. Mientras que la otra parte son cavidades vacías que también se llaman poros, esas cavidades pueden estar ocupadas por agua como también por aire en proporciones diferentes. Los suelos se clasifican en distintas clases texturales dependiendo de la dosis de limo, arcilla y arena (Fernández y

Trillo, 2005). Así como también la textura del suelo agrícola es una propiedad que influye en la celeridad de infiltración del agua en el mismo (Laborde et al. 2021). **Densidad aparente** es la masa de suelo por unidad de volumen (g.cm-3 o t. m3). La cual tiene relación entre sólidos y espacios porosos producidos por la compactación del suelo, es utilizada también para expresar datos en concentraciones a masa o volumen, así como también para calcular la fertilidad y fertilización en cultivos extensivos. La densidad relativa es cambiante con la textura y el contenido de materia orgánica en el suelo; pueden cambiar por el resultado del sembrado y con la humedad del suelo (Agostini et al.,2014). **Mineralización del suelo** se realiza mediante un proceso biogeoquímico en donde los microorganismos que se encuentran en el suelo realizan un proceso metabólico, rompiendo enlaces de macromoléculas orgánicas, las que provienen de los residuos de hojarasca, plantas, la necromasa microbiana y sustancias orgánicas de las raíces; estas son transformadas debido a su bajo peso molecular en moléculas inorgánicas y oxidadas catabólicamente a compuestos inorgánicos mediante las reacciones químicas de hidrolisis y oxidación, pudiendo ser volatilizados en el aire, inmovilizados en el suelo, adsorbidos por las plantas y microorganismos.

La mineralización de nitrógeno, se realiza debido a que los microorganismos convierten el Nitrógeno orgánico a inorgánico, volviéndolo disponibles para las plantas. La temperatura es uno de los factores que influye en la mineralización del nitrógeno, por lo que en el transcurso del año las tasas de mineralización varían (Crohn, 2004).

La temperatura es uno de los factores que influye en la mineralización del nitrógeno en el suelo, por lo que en el transcurso del año las tasas de mineralización varían. Mineralización del suelo se realiza mediante un proceso biogeoquímico en donde los microorganismos que se encuentran en el suelo realizan un proceso metabólico, rompiendo enlaces de macromoléculas orgánicas, las que provienen de los residuos de hojarasca, plantas, la necromasa microbiana y sustancias orgánicas de las raíces; estas son transformadas debido a su bajo peso molecular en moléculas inorgánicas y oxidadas catabólicamente a compuestos inorgánicos mediante las reacciones químicas de hidrolisis y oxidación, pudiendo ser volatilizados en el aire, inmovilizados en el suelo,

adsorbidos por las plantas y microorganismos. La mineralización de nitrógeno, se realiza debido a que los microorganismos convierten el Nitrógeno orgánico a inorgánico, volviéndolo disponibles para las plantas (Crohn, 2004).

II.- METODOLOGÍA

3.1.- Tipo y diseño de investigación

La presente investigación propone un tipo de investigación aplicada, porque busco poner en emplear los conocimientos adquiridos a fin de resolver los problemas ambientales que genera la contaminación del suelo por arsénico.

La investigación aplicada establece lineamientos y propuestas de desarrollo, teniendo como estudio el suelo, los que revela la riqueza y la importancia ya que será participativa (Vargas, 2009).

El diseño experimental que propone el proyecto se basa en la causa efecto que produce la variable independiente a la variable dependiente, donde se evaluó la reducción del contaminante arsénico utilizando la cáscara de huevo, de manera controlada, su enfoque es cuantitativo, estadístico.

El diseño experimental es como realizar el experimento, observar las diferencias que esta tienen en todo un proceso, esto radicó en cómo se agrupan en todo el diseño realizado (BADII M. H. et al., 2017).

3.2.- Variables y operacionalización

Variables: Las variables son todas las que son susceptibles de cambiar, controlar y medir.

Variable Independiente: La cáscara de huevo.

Variable dependiente: Suelo agrícola contaminado con arsénico.

Se considera la variable como principal en la investigación científica, a partir de estas se realizan las hipótesis, y se pueden observar desde la formulación del problema (Amiel, 2007).

La operacionalización: Aquí podemos determinar las dimensiones, los indicadores y escala de medición se encuentra en la tabla del Anexo I.

3.3.- Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población: Está formado por 1,754 m² aproximadamente que comprende el fundo Acomayo, el cual está ubicado en el kilómetro 90 de la carretera Lima – Canta, en el poblado San José distrito Buenaventura, Provincia de Canta, es el

universo que se estudió para encontrar la solución a la problemática en la investigación, utilizando productos residuos orgánicos para descontaminar el suelo contaminado con arsénico.

3.3.2 Muestra: La muestra que se considero fue de 30 m², con una unidad muestral de 120 Kg de suelo contaminado con arsénico, de acuerdo al protocolo de muestreo del MINAM, fue trasladado al lugar donde se llevó a cabo la investigación, utilizando una cadena de custodia.

3.3.3 Muestreo: La presente investigación está basado en un método no probabilístico de tipo a conveniencia. Para extraer la muestra se tomó como referencia la guía de muestreo de suelos D. S. N°002-2013-MINAM, que establece especificaciones, técnicas y tipos de muestreo. El muestreo se realizó utilizando la técnica para muestras superficiales, mediante rejillas regulares y el tipo de muestreo fue de detalle, que tiene como objetivo obtener muestras representativas para el tratamiento de suelo agrícola contaminado.

3.4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó en el desarrollo de la investigación fue la observación, lo que permitió tomar decisiones en todo el proceso que se realizó. Los instrumentos de recolección de datos fueron elaborados de acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas en la investigación, se empleó formatos por cada dimensión específica siendo los siguientes:

Formatos de recolección de datos

Formato 1: Recolección de la muestra del suelo agrícola contaminado por arsénico.

Formato 2: Características físicas y químicas de la cáscara de huevo para el tratamiento del suelo contaminado con arsénico.

Formato 3: Tiempo y dosis de la cáscara de huevo para el tratamiento del suelo agrícola contaminado con arsénico.

Formato 4: Propiedades físicas y químicas del suelo agrícola antes y después del tratamiento con cascará de huevo.

Formato 5: Reducción del arsénico en suelo agrícola tratado en 15 días, 30 días y 45 días con la cáscara de huevo.

La validez de la presente investigación, está fundamentada en los instrumentos que se realizaron para desarrollar la investigación experimental cumpliendo con las reglas del método científico, para el cual los instrumentos de investigación fueron evaluados por los expertos mencionado en la tabla 01.

Tabla 01: Validación de instrumentos

EXPERTO	COLEGIATURA (CIP)	% DE VALIDACIÓN
M.Sc. GUERE SALAZAR, Fiorella Vanessa	131344	85
Dr. ACOSTA SUASNABAR, Horacio	25450	85
Dr. ODOÑEZ GALVES, Julio	08447308	90

La confiabilidad se evaluó estadísticamente mediante el método test – retest. para ello se evaluó la normalidad de los resultados de un instrumento aplicado en dos periodos distintos y de acuerdo a su significancia se determinó que utilizaríamos la correlación de Rho de Spearman como se indica en la tabla 02.

Tabla 02: Tabla de confiabilidad

CORRELACIONES				
			Test Arsénico	Retest_Arsénico
Rho de Spearman	Test Arsénico	Coeficiente de correlación	1.000	.900
		Sig. (bilateral)		0.01
		N	9	9
	Re Test Arsénico	Coeficiente de correlación	.900	1.000
		Sig. (bilateral)	0.01	
		N	9	9

Interpretación Tabla 02: Los resultados de un instrumento evaluado de una misma muestra en distinto tiempo nos dio como resultado de correlación 0.900 por lo cual determinamos que al ser mayor de 0.70, nuestro instrumento es confiable (Martínez et al., 2009).

3.5.- Procedimiento

El desarrollo de la investigación estuvo realizado por fases como se indica en la figura 1:

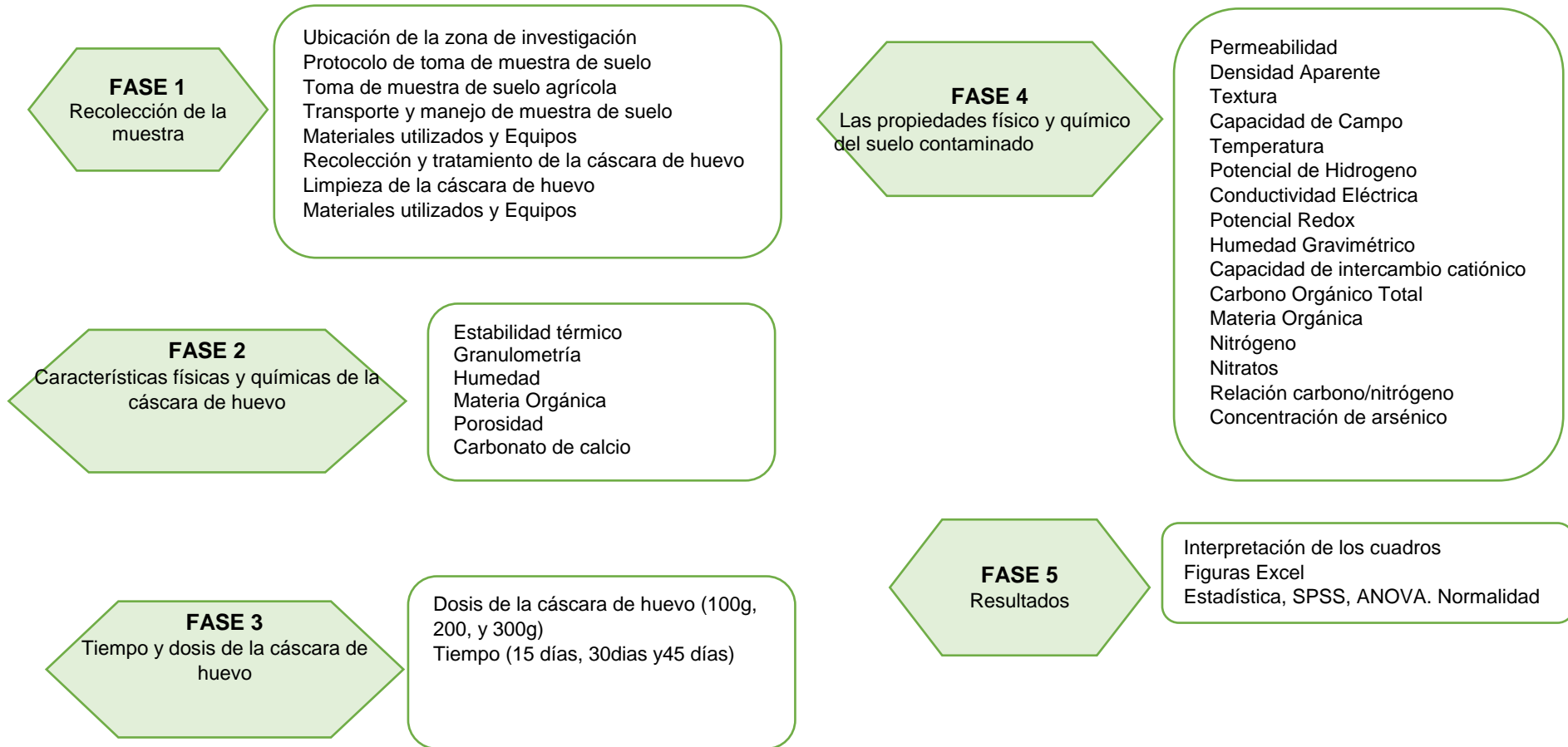


Figura 1: Diagrama de procedimiento

FASE 1: Recolección de la muestra

Ubicación de la zona de investigación: Las muestras se obtuvieron en el fundo Acomayo el cual cuenta con un área de 1,754 m² aproximadamente y se encuentra ubicado en el centro poblado San José distrito de Buenaventura, Provincia de Canta como se observa en la figura 2.

MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE INVESTIGACIÓN

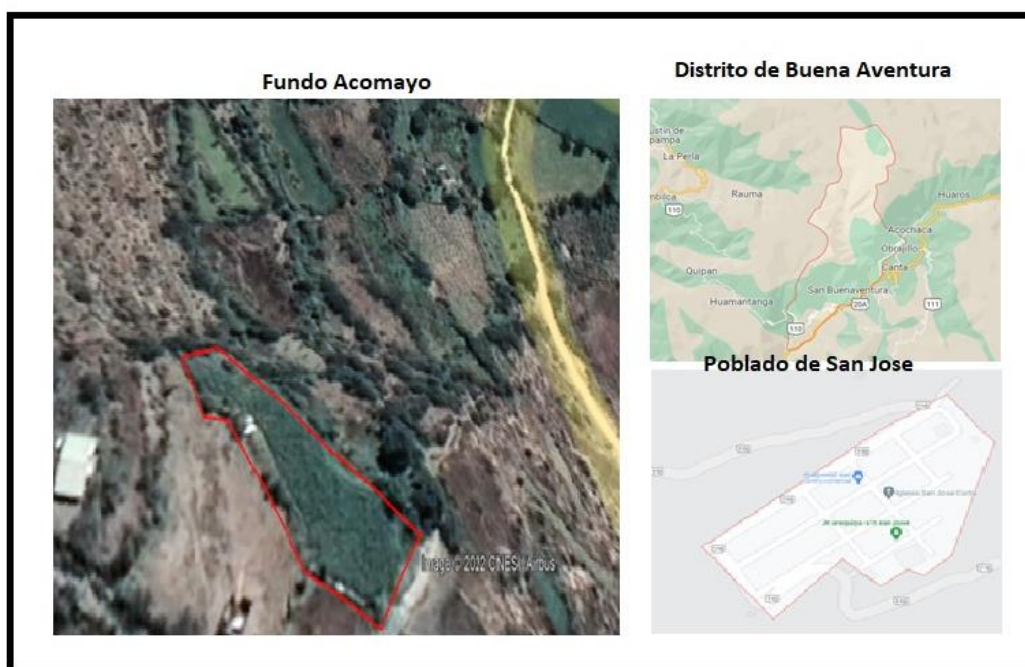


Figura 2: Ubicación de la zona de investigación

Protocolo de toma de muestra de suelo: Tomando como guía los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelos Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM y los criterios para la Gestión de Sitios Contaminados Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM, así como la guía de Evaluación de riesgos para la salud y el ambiente (ERSA), es importante tener en conocimiento para identificar el contaminante, los impactos podrían producir a la persona, sociedad y el medio ambiente.

En el marco del D. S. N°002-2013-MINAM (Guía para muestreo de suelos) se tomó las siguientes consideraciones durante y después la recolección de la muestra.

- Plan de muestreo (Consideraciones generales, estructura y tipo de muestreo) Muestreo de detalle (MD)
- Técnicas de muestreo (Para muestras superficiales).
- Manejo de las muestras (Transporte de muestra, etiquetado, cadena de custodia y condiciones de seguridad de la muestra).
- Medidas de seguridad ocupacional (Uso de equipos de protección personal).
- Determinación de los puntos de muestreo.

Toma de muestra de suelo agrícola: Para extraer la muestra se tomó como referencia la guía de muestreo de suelos que establece especificaciones para la toma muestra, así como técnicas y tipos de muestreo. Según el uso del suelo para suelos agrícolas, la técnica de muestreo que se utilizó fue para muestras superficiales (Figura 3), donde establece 30 cm de profundidad con 15 cm de radio (Figura 4) y para realizar nuestro estudio se consideró el tipo de muestreo de detalle (MD) que tiene por objetivo obtener muestras representativas del suelo contaminado determinadas a través de la fase de muestreo de identificación (MI).



Figura 3: Excavado de hueco



Figura 4: Profundidad del hueco

Para la determinación de puntos de muestreo, el número mínimo de los puntos de muestreo para un muestreo de detalle, que represente el mínimo en calidad se utilizó la siguiente ecuación:

Formula: $N = 1.75 X + 2$... (1)

Donde:

N: Número mínimo de puntos de muestreo en el Muestreo de Detalle.

X: Puntos de muestreo del MI que superaban los ECA suelos. (16 muestras)

Por lo tanto, al reemplazar nuestros datos en la ecuación determinamos que el número mínimo de puntos de muestreo resultante son 30 puntos de muestreo como se indica en la figura 5.



Figura 5: Mapa del lugar de recolección de muestra

En la (Figura 6,7,8 y 9) se evidencia el procedimiento de delimitación de nuestra área de muestreo mediante la técnica de rejillas regulares de 1mx1m obteniendo un área total de 30 m².



Figura 6: Delimitar área de estudio



Figura 7: Medida del área



Figura 8: Proceso de marcado



Figura 9: Área delimitado

Posterior a ello realizamos la limpieza de las malas hierbas de las superficies donde se extrajeron las muestras y se procedió la excavación a la profundidad requerida para tomar las muestras de suelo. (Figura 10 y 11)



Figura 10: Muestra de primer punto



Figura 11: Muestra de 30 puntos

Antes de llevar la muestra al lugar donde se realizó las pruebas de caracterización inicial, se mezcló las 30 muestras, homogenizamos y realizamos el cuarteo, repitiendo el proceso hasta tener la cantidad necesaria para el estudio y de esa manera reducir y obtener una muestra compuesta representativa de 120 kg aprox.

Transporte y manejo de las muestras: Para el transporte de la muestra se condiciono en dos plásticos de polietileno asegurando la hermeticidad para que la muestra no sea contaminada durante el transporte al área de estudio, así como el respectivo etiquetado y la cadena de custodia.

Materiales utilizados y equipos

En la (Figura 12 y 13) los materiales que se utilizaron:

- Cinta métrica de 50 metros
- Tiza para marcado
- Bolsas de 4 kilogramos para muestras
- Palas, picota
- Sacos de polietileno de 50 kilogramos
- Stickers,
- indeleble, pabilo, cinta adhesiva, hojas boom

Equipos

- Balanza
- GPS
- Equipos de protección personal



Figura 12: Equipos de protección



Figura 13: Herramientas y equipos

Recolección y tratamiento de la cáscara de huevo: Para la recolección de la muestra de la cáscara de huevo se consideraron diferentes puntos de lima metropolitana, entre las principales tenemos a los distritos de comas y villa el salvador, tomando como referencia los negocios que utilizan este producto y tienen como disposición final los recolectores de basura.

Limpieza de la cáscara de huevo: La cáscara de huevo al ser un residuo viene acompañado con restos de comida y entre otras cosas, por eso se realizó una clasificación, lavado y secado a temperatura ambiente, para que finalmente sean almacenados para su posterior uso (Figura 14 y 15).



Figura 14: Lavado Figura



Figura 15: Secado de cáscara de huevo

Materiales utilizados y equipos

Los materiales que se utilizaron:

- Agua
- Manta de hule
- Pequeña palas
- Gas de cocina
- Guantes térmicos
- Tina
- Bolsas de polietileno
- Encendedor
- Equipos

- Balanza
- Máquina de molienda
- Equipos de protección personal
- Equipo de torrefacción
- Malla ASTM
- Termómetro de tipo laser

FASE 2: Características físicas y químicas de la cáscara de huevo.

Tratamiento de la cáscara de huevo: Teniendo seco la cáscara de huevo, se fracciona en partes más pequeñas para que se pueda realizar un tratamiento térmico de manera uniforme y efectiva, para ello agregamos al equipo de torrefacción. Esta etapa es importante para nuestro aporte a la investigación científica ya que este tratamiento térmico es importante para una mejor absorción del contaminante en la remediación de suelo contaminado por arsénico (Figura 16 y 17).



Figura 16: Fraccionamiento de cáscara



Figura 17: Agregado de cáscara

El tratamiento térmico mediante la torrefacción duro 45 minutos a una temperatura constante de 200°C con un peso total de 6 kg de cáscara de huevo (Figura: 18 y 19).



Figura 18: Tratamiento térmico



Figura 19: Evaluación de la cocción

Luego de realizar el tratamiento térmico, se procedió a enfriar la cáscara de huevo a temperatura ambiente, para reducir el tamaño mediante una máquina de molienda y pueda pasar por la malla granulométrica correspondiente y ser utilizado en los tratamientos de remediación (Figura: 20 y 21).



Figura 20: Molienda de la cáscara



Figura 21: Producto final de molido

Granulometría de la cáscara de huevo

Luego del tratamiento de molienda se procedió a obtener la granulometría establecida por la malla N° 45 con abertura de 0.355 mm (Figuras: 22 y 23).



Figura 22: Granulometría

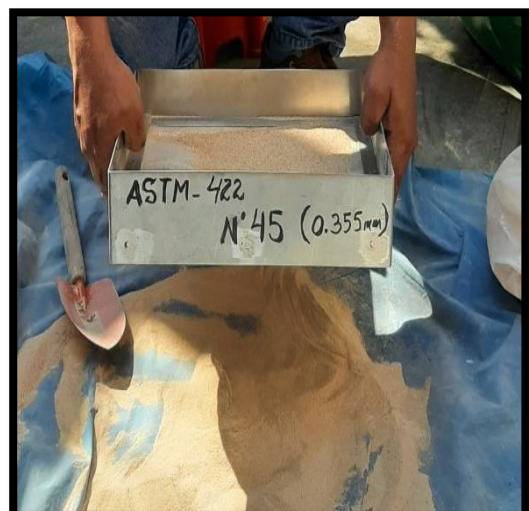


Figura 23: Malla final

Humedad de la cáscara

La humedad de la cáscara de huevo se realizará, en un crisol secado a 105 °C por 30 minutos, luego enfriado y pesado, en el crisol secado depositamos la muestra de la cáscara de huevo debidamente tamizado, la que volverá a pesar para luego colocar en una estufa a 110°C por 12 horas para poder volver a pesar y determinar la cantidad de agua que existía en la muestra de la cáscara de huevo.

Fórmula

$$\% \text{Humedad} = \frac{(W \text{ inicial} - W \text{ final}) * 100}{(W \text{ final} - W \text{ crisol})} \dots(2)$$

Donde:

%Humedad: Porcentaje de la humedad

W inicial: Peso del crisol + muestra de cáscara

W final: Peso del crisol + muestra cáscara seca a 110°C X 12 horas

Materia orgánica

Colocamos aproximadamente 50 gramos de cáscara de huevo tamizado en la estufa a 120 °C por 20 minutos y pesar un crisol limpio y seco (W). En dicho crisol pesar aproximadamente 10 g de cáscara de huevo seco tamizado y se colocó la cápsula de porcelana en la mufla y se sometió a una temperatura de 500 °C por 2 horas. Se debe alcanzar la calcinación, dejar secar enfriar la muestra y pesar nuevamente.

$$\% \text{ MO} = \frac{W 1 - W 2}{(W 1 - W \text{ crisol})} * 100 \dots\dots (3)$$

Donde:

W1 = Peso de la cáscara de huevo seco y del crisol

W2 = Peso de la cáscara de huevo seco después de la ignición
y del crisol

W = Peso del crisol solo inicia

Porosidad

La relación de la porosidad está dada por los valores de la densidad aparente y real; el cual se define como una relación del peso seco de la muestra y el volumen respectivamente a las partículas sólidas excluyendo en este último caso, el volumen respectivo a la muestra incluyendo en él, su porosidad.

$$\% P = ((d_r - d_a) / d_r) * 100$$

$$\% P = (1 - (d_a / d_r)) * 100 \quad \dots (4)$$

$$\% P = \left(\frac{V_{poros}}{V_t} \right) \times 100$$

Carbonato de calcio

Pesamos aproximadamente 0.204g de biftolato de potasio previamente secado en una estufa a 105 °C y luego agregamos en 25 ml de agua destilada, diluimos y agregamos indicador de fenolftaleína 2 a 4 gotas y se hace la titulación con NaOH a 0.1M, hasta el viraje de color luego estandarizamos el ácido clorhídrico (HCl) para ello medimos 10 ml de HCl y agregamos el indicador fenolftaleína luego titulamos con el NaOH, hasta que cambie de viraje y apuntamos el volumen gastado del NaOH posterior a ello preparamos la cáscara de huevo, tamizamos y pesamos 0.1500g para agregar al Erlenmeyer y lo disolvemos con 50 ml de HCl y agregamos indicador y realizamos su respectiva titulación hasta el cambio de viraje y apuntamos el volumen gastado y finalmente determinamos el porcentaje de carbonato de calcio.



FASE 3: Tiempo y dosis de la cáscara de huevo para el tratamiento del suelo contaminado con arsénico.

Dosis de la cáscara de huevo

Las cantidades se tomaron en una relación peso/ peso, las cuales estuvieron en una relación del 5% (100 g),10% (200 g) y 15%(300 g), con una unidad de muestra de 2000 g de muestra de suelo contaminado con arsénico (Figura 24 y 25).



Figura 24: Peso de la cáscara de huevo (100 g, 200 g y 300 g)**Figura 25:** Peso de unidad muestra

Periodos de tiempo y dosis

El tratamiento del suelo contaminado con As, se desarrolló en tres grupos de 9 muestras, es decir 27 muestras con 2000 g de suelo contaminado en las que se aplicaron las dosis de 100 g, 200 g y 300 g de cáscara de huevo. Se evaluó los parámetros físicos y químicos del suelo después del tratamiento en donde se tomará especial relevancia en la concentración del As, por cada tiempo que se realiza su control, las que serán de 15 días, 30 días, y 45 días (Figura 26,27 ,28 y 29).



Figura 26: Repeticiones 3x3x3



Figura 27: Periodo 1 (15 días)



Figura 28: Periodo 2 (30 días)



Figura 29: Periodo 3 (45 días)

FASE 4: Las propiedades físicas y químicas del suelo contaminado con arsénico

Antes de realizar todas las pruebas fisicoquímicas que corresponden, se realizó la homogenización de la muestra compuesta de 120 kg con una duración de 15 minutos, mediante un equipo rotacional eléctrico y así obtener una muestra uniforme con mejores resultados en las mediciones, después de homogenizar realizamos el cuarteo

hasta obtener la muestra que necesitaremos para el tratamiento con cáscara de huevo, teniendo como resultado final 60kg. (Figura: 30,31,32 y 33).



Figura 30: Homogenización de la muestra



Figura 31: Tiempo de homogenización



Figura 32: Muestra homogenizada



Figura 33: Cuarteo de la muestra

Temperatura (°C)

La temperatura es importante porque con ello nos indica la movilidad del contaminante, y como es que afecta a los microorganismos, ya que es altamente

toxico, y degrada a las plantas. fue medido con un termómetro de suelo (Figura 34).



Figura 34: Medición de temperatura

Potencial de Hidrogeno

El potencial de hidrógeno fue evaluado con un multiparámetro marca Scientific Measuring Instruments, calibrado por empresa especializada en metrología y calificado por Inacal, antes de empezar a realizar la medición lo primero que se realizo fue la calibración del electrodo con buffer HANNA DE 4,7, y 10 de pH (Figura 35 y 36).

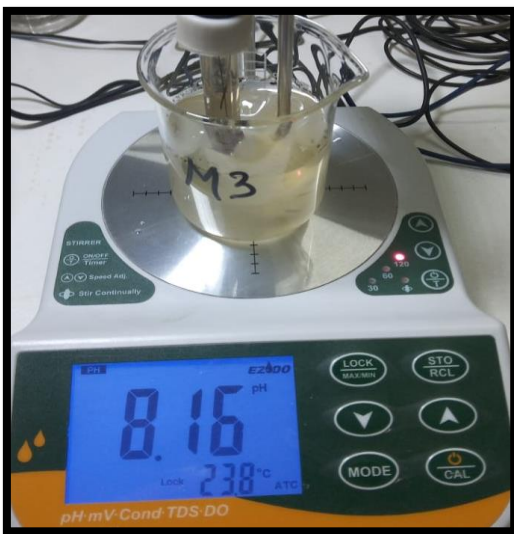


Figura 35: Medición del pH

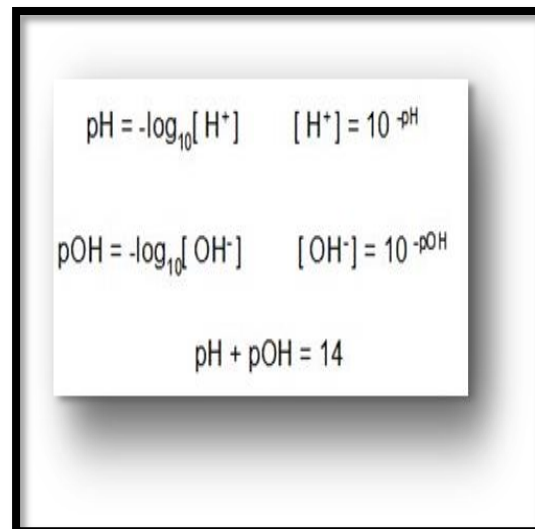


Figura 36: Multiparámetro Scientific

Conductividad Eléctrica (mS/cm)

La medición de este parámetro fue importante porque con ello se observa como es el comportamiento de aniones y cationes del suelo como las sales presentes en ella, se preparó un extracto de suelo con 10 g del suelo y se colocó en un equipo rotacional por 30 minutos para luego dejar reposar y poder realizar la lectura, la cual se realizó con un multiparametro (Figura 37 y 38).



Figura 37: Medición de la conductividad



Figura 38: Equipo y muestra

Potencial Redox

Medir este parámetro fue para observar el comportamiento de oxidación - reducción del suelo, se encuentra muy relacionado con el potencial de hidrogeno se puede ver en la figura 39 y 40.

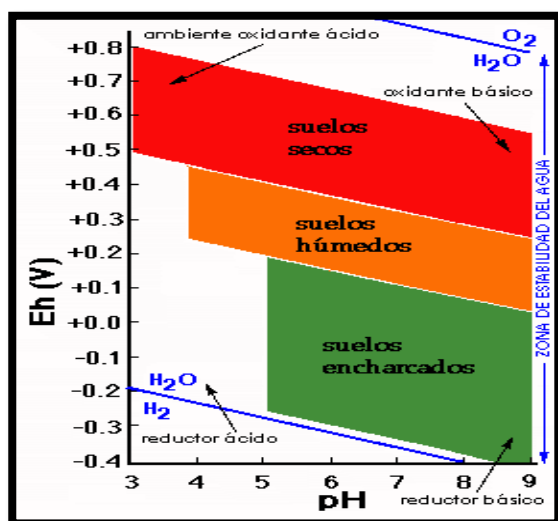


Figura 39: Oxidación – reducción
(Hidromorfía de los suelos (Dorronsoro.,et al, 2016)

Figura 40: Multiparámetro Scientific

Humedad Gravimétrico (%HG) (Norma ASTM D2116/ISO 2010) (Método Físico)

La humedad gravimétrica se realizará, en un crisol de porcelana secado a 105 °C por 60 minutos, luego enfriado y pesado, aquí depositamos la muestra de suelo, la que volverá a pesarse, y colocarlo en una estufa a 105°C por 6 horas para poder volver a pesar y determinar la cantidad de agua que existía en los poros del suelo en estudio (Figura 41,42,43,44 y 45).

Fórmula

$$\%HG = \frac{(W \text{ inicial} - W \text{ final}) * 100}{(W \text{ final} - W \text{ crisol})} \dots(6)$$

Donde:

%HG: Porcentaje de la humedad gravimétrica

W inicial: Peso del crisol + muestra humedad

W final: Peso del crisol + muestra seca a 105°C X 6 horas

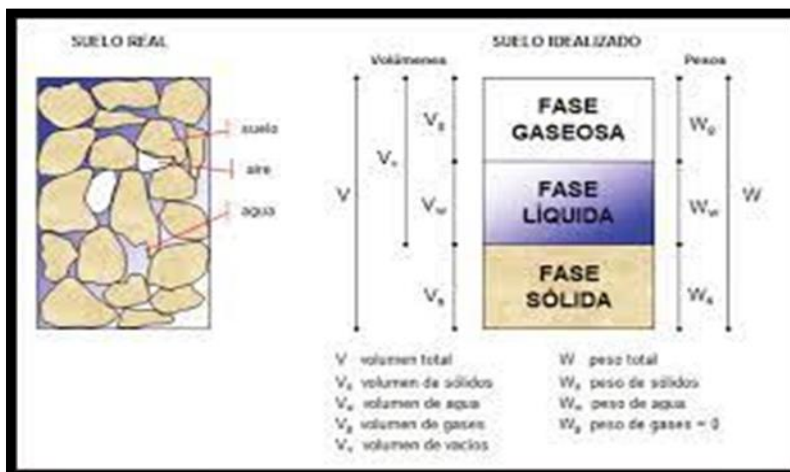


Figura 41: Representación de estados y trayectorias volumétricas y gravimétricas en suelos
(Correa.,et al, 2013)



Figura 42: Peso de muestra húmeda + crisol



Figura 43: muestras húmedas



Figura 44: Secado de muestras húmedas



Figura 45: Muestra Seca + crisol

Densidad Aparente (D_a) (Método del cilindro Biselado)

En un suelo la densidad aparente fue un buen indicador de propiedades, físicas del suelo, como son: porosidad, la compactación, grado de aireación y capacidad de infiltración, lo que condiciona la circulación de agua y aire en el suelo, utilizamos el método del cilindro biselado pesando una porción de suelo y secado a la estufa a 105°C por 60 minutos, para luego enfriar y pesar los resultados se encuentran en la tabla 03.

Fórmula

$$V_{\text{cilindro}}: \pi * r^2 * h$$

$$Da = \frac{W_{ss}}{V \text{ cilindro}} \quad \dots(7)$$

Donde:

Vcilindro: Volumen del cilindro (cm³)

Wss: Peso del suelo seco a 105 °C

Da: Densidad Aparente (mg/cm³)

Permeabilidad del suelo contaminado (Método Darcy)

El parámetro que estudia la circulación del agua en el suelo depende de los poros que este posee, las que tienen un comportamiento lineal, de acuerdo a la ley de Darcy, se estudió de manera experimental la velocidad de su desplazamiento en tubos graduados y controlados por un cronometro teniendo sus resultados en la tabla 03.

Formula

$$K = \frac{H * \ln (A/B)}{t \text{ (seg)}} \quad \dots(8)$$

Donde:

K: Constante de permeabilidad (cm/seg)

H: Altura del suelo (mm)

Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Método del acetato de amonio a pH 7 – 1N)

La medida de las cargas negativas en los minerales, componentes orgánicos del suelo, son las que representan los cationes que serán intercambiados por otros cationes, presentes en la solución del suelo, donde las raíces son las que liberan,

ello relaciona el pH, y su potencial redox, cuando el CIC es bajo no retiene nutrientes, y es pobre en materia orgánica, como el caso del suelo contaminado por arsénico (Figura 46 y 47).

Formula

$$\text{CIC (meq/100g)} = \frac{\text{Volumen gastado} * \text{Normalidad NaOH} * 100}{\text{Peso de la muestra (g)}} \dots\dots\dots(9)$$

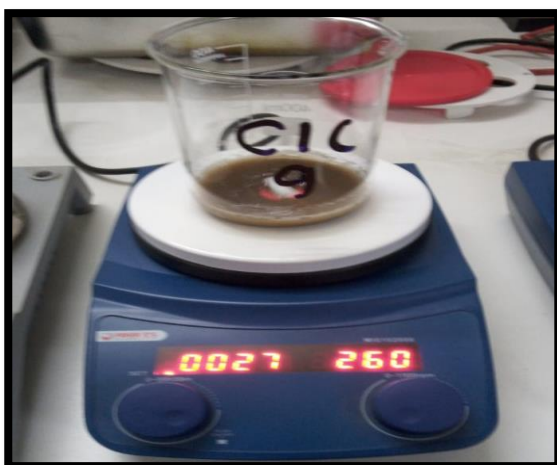


Figura 46: CIC muestra 9



Figura 47: Capacidad intercambio catiónico

Carbono Orgánico Total (%COT) (Método de Walkley y Black)

Este método consistió en oxidar una muestra con dicromato de potasio, y hacer una reacción exotérmica con ácido sulfúrico, la que se agitará en un agitador orbital por 30 minutos para luego retirarlo y realizar una titulación con un reductor sulfato de amonio pentahidratado utilizando un indicador ferroína (Figura 48).

Fórmula:

$$\%COT = \frac{(\text{Vol.BK} - \text{Vol. Muestra}) * N * 0.003 * 1.3 * 100}{\text{Peso de la muestra (g)}} \dots\dots(10)$$

Donde:

Vol. BK: Volumen gastado en el blanco (ml)

Vol. Muestra: Volumen gastado en la muestra

N: Normalidad del sulfato ferroso



Figura 48: Preparación para% COT

Materia Orgánica (%MO) (Método de Walkley y Black)

En la (Figura 49) lo mediremos por la cantidad de microorganismos que forman el sustrato descompuesto, los que originan estas transformaciones son las bacterias, hongos, y algas, es calcula por:

Fórmula

$$\% \text{ MO} = \frac{0.6708 * (\text{vol. Gast BK} - \text{Vol. Gast. En la titulación}) * N * 100}{\text{Peso de la muestra (g)}} \quad \dots (11)$$

Donde:

Vol. BK: Volumen gastado en el blanco (ml)

Vol. Muestra: Volumen gastado en la muestra

N: Normalidad del sulfato ferroso



Figura 49: Preparación para %MO

Nitrógeno (%N) (Método Kjeldahl)

Este método consta de dos partes la primera es la digestión de la muestra, la segunda es la destilación de la muestra donde se recibe en una solución de ácido bórico al 4% y va terminar con el viraje de la solución para ser titulado con ácido clorhídrico 0.25 normal hasta un color gris claro.

Fórmula

$$\%N = \frac{(\text{Vol. De HCl en muestra} - \text{vol. HCl en blanco}) * N * 1.4007}{\text{Peso de la muestra (g)}} \dots(12)$$

Nitratos (mg/l NO₃⁻) (método Espectrofotometría ultravioleta visible)

Para determinar los nitratos se realizará un extracto de suelo 1:2 lo que se agitará en un equipo rotacional por 30 minutos, para luego dejar decantar por 24 horas, y luego tomar una alícuota de 10 ml y leer en el espectrofotómetro ultravioleta a 600 nm (Figura 50 y 51).

Fórmula

$$\text{Abs: } - \log (\%T/100) \qquad C= \text{Abs}/K \qquad \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

Abs: Absorbancia

%T: Porcentaje de Tramitación

C: Concentración

K: Constante de la curva de calibración.

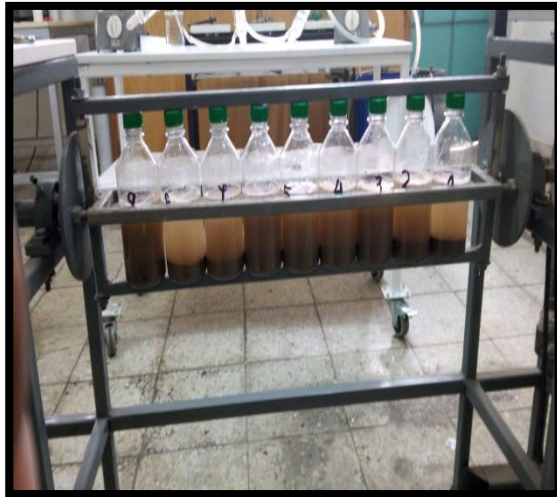


Figura 50: Preparación para nitratos



Figura 51: Medición de nitratos por espectrofotometría UV/v

Textura (%) (Triángulo de la USDA) (Método del Hidrómetro ASTM -152 H) (Técnica de Bouyoucos)

En la textura del suelo se estudiarán los tamaños de partículas, las que pueden afectar la estructura del suelo, este parámetro se relaciona con la capacidad de campo, la densidad aparente, las que fundamentalmente son importantes en la agricultura.

Fórmula

$$\% \text{ Arena} = 100 - \frac{\text{Lectura corregida a los 40 segundos}}{\text{Peso de la muestra (g) a } 105^{\circ}\text{C}} \times 100 \quad \dots(14)$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{\text{Lectura corregida a las 2 horas}}{\text{Peso de la muestra (g) a } 105^{\circ}\text{C}} \times 100 \quad \dots(15)$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arcilla} + \% \text{ Arena}) \quad \dots(16)$$

Capacidad de campo (Bodman y Mahmud)

En el tratamiento se tuvo cuidado en conservar la capacidad de campo ya que es importante tener su máxima cantidad de agua y no llegue a secarse por evaporación lo que sería perder el fluido de recuperación, y así obtener una mejora de microorganismos que se presentaran remediando el suelo.

Formula

$$\% \text{ CC} = 0.23(\% \text{ ARENA}) + 0.25(\% \text{ limo}) + 0.61(\% \text{ Arcilla}) \quad \dots(17)$$

Concentración inicial del Arsénico:

Para realizar la medición de la concentración inicial del contaminante arsénico fue evaluada por el método 3050 EPA (Adsorción Atómica), esta muestra fue tomada después de homogenizar la muestra en un equipo rotacional eléctrico, que fue de 1 kg, luego se procedió a secarla en una estufa a 105 °C, por 60 minutos, para luego enfriar y pulverizar a Malla 60% -200, donde fue atacado con reactivos de ácido clorhídrico y nítrico, terminada la digestión se colocó en una fiola de 25 ml y se llevó al laboratorio para su respectiva lectura.

FASE 5: Evaluación de los Resultados

La evaluación de los resultados se realizará mediante la estadística inferencial, interpretación de tablas, la Normalidad.

3.6 Método de análisis de Datos

El método de análisis de los datos que se evaluarán en el desarrollo será estadísticos inferenciales, donde se evaluará su normalidad, su análisis de varianza, de acuerdo al software SPSS 26, en todas las etapas que está describiendo el proyecto de investigación, los que tendrán un nivel de confianza del 95%.

3.7 Aspectos Éticos

Los aspectos éticos del proyecto de investigación titulado: "Remediación de suelo agrícola contaminado con Arsénico, con cáscara de huevo en la provincia de Canta-

Lima 2022”, es auténtico de los investigadores que realizaron con honestidad este proyecto basado en una problemática existente la que propone solucionar en base a los principios de la investigación científica dando sus aportes, y cumpliendo la resolución del consejo universitario N°0126 – 2017 y el código de ética RCUN° 0340-2021-UCV. De la misma forma con la resolución del consejo universitario N°0200 - 2018 de la Universidad César Vallejo para la guía de las líneas de investigación, seguido del reglamento N° 0089-2019, el cual nos brinda los pasos detallados para la elaboración del proyecto de investigación, como los derechos de autor y finalmente, en el Turnitin el cual no debe exceder del 25% de similitud con de los trabajos utilizados como fuente de investigación para la elaboración de este proyecto.

IV.- RESULTADOS

Respondiendo a nuestro primer objetivo específico se realizó la caracterización física y química de un suelo agrícola contaminado antes y después del tratamiento con cáscara de huevo.

Tabla 3: Características físicas y químicas de la cáscara de huevo

CARACTERÍSTICA FISICA Y QUIMICA DE LA CÁSCARA DE HUEVO					
GRANULOMETRÍA (mm)	TRATAMIENTO TERMICO C°	HUMEDAD (%)	MATERIA ORGANICA (%)	POROCIDAD (mm)	CaCO3 (%)
0.355	200	1.47	3.26	0.52	92.38

Interpretación tabla 3: La granulometría que se utilizó por decisión de los investigadores fue la malla N° 45 con abertura de 0.355mm, la cual paso por un tratamiento térmico a una temperatura de 200C°, con la finalidad de mejorar la absorción del contaminante en el tratamiento de un suelo agrícola contaminado. Como se puede evidenciar el porcentaje de CaCO3 es de 92.38 %

Respondiendo nuestro tercer objetivo específico, se realizó la comparación de las dosis y tiempo que se aplicaron en nuestro tratamiento y se evaluó en la reducción del As.

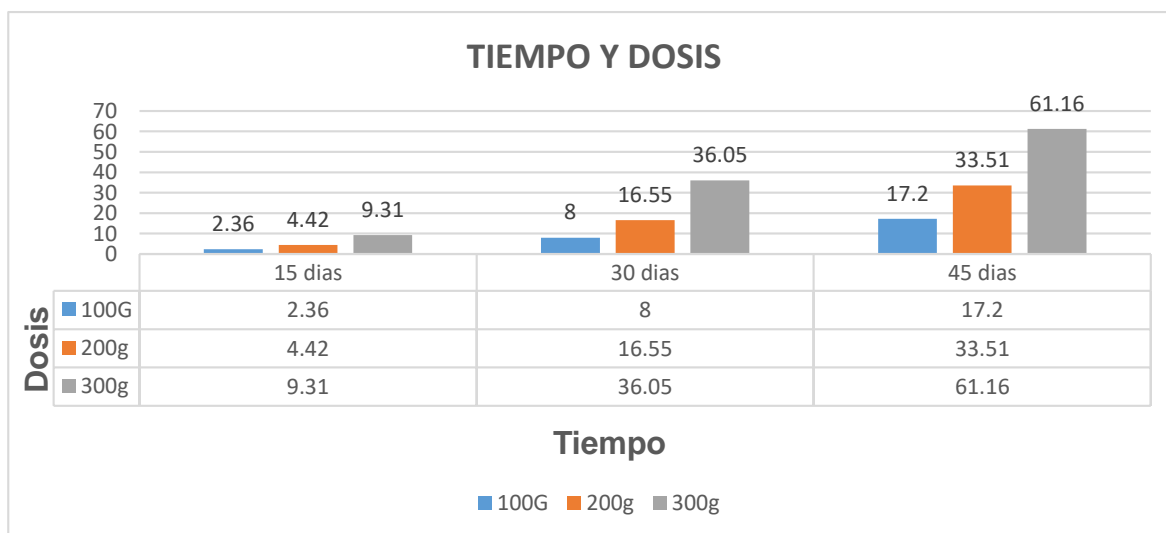


Figura 53: Evaluación de tiempo y dosis óptima en el tratamiento con cáscara de huevo

Interpretación Figura 53: De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede evidenciar que en los periodos 15, 30 y 45 días con la dosis de 100 g, 200 g y 300 g, la tendencia es de reducción, teniendo como mayor efectividad con la dosis de

300 g en los periodos 15, 30 y 45 días. En conclusión, el periodo y dosis óptimo de nuestro trabajo de investigación fue en el periodo 3 - 45 días con dosis de 300 g de cáscara de huevo, teniendo como resultado de reducción 71 mg/kg del contaminante arsénico.

Tabla 4: Permeabilidad del suelo y Densidad aparente

Muestra	Permeabilidad cm/seg	Densidad aparente (g/cm ³)
SAL	0.004	1.00
SAC-As	0.001	1.33

SAL: Suelo agrícola Limpio

SAC-As: Suelo Agrícola contaminado con arsénico

k: Constante de permeabilidad

Interpretación Tabla 4: Los resultados obtenidos nos muestra que la velocidad de flujo de agua en un suelo limpio es mayor a un suelo contaminado con arsénico, esto debido a que cuando un suelo se contamina la porosidad es variable, haciendo que aumente la cantidad de arcilla, y como consecuencia de ello, el desplazamiento de agua es más lento, siendo la velocidad de un suelo agrícola limpio (SAL): 0.004 cm/seg y de un suelo agrícola contaminado con arsénico (SAC-As): 0.001 cm/seg. Respecto a la densidad aparente, nos muestra que la cantidad de masa ocupada por cm³ de un suelo agrícola limpio (SAL: 1.00g/cm³) es menor a un suelo contaminado (SAC-As: 1.33 g/cm³), debido a que, al tener menor cantidad de poros, ocupa mayor cantidad de masa, por ello cuando en suelo contaminado la porosidad se reduce por el aumento en la cantidad de arcilla y como consecuencia de ello, la cantidad de masa es mayor en un volumen determinado.

Tabla 5: Textura del suelo

Muestra	Arena (%)	Limo %	Arcilla %	Textura del suelo
SAL	31.75	39.68	28.57	Franco-arcilloso
SAC-As	27.56	41.21	31.23	Franco-arcilloso

SAL: Suelo agrícola Limpio

SAC-As: Suelo Agrícola contaminado con arsénico

Interpretación Tabla 5: De acuerdo a los resultados obtenidos de un suelo agrícola limpio (SAL) y de un suelo agrícola contaminado con arsénico (SAC-As), se comparó con el triángulo de USDA y se determinó que son de clase Franco – Arcillosos.

Tabla 6: Capacidad de campo

Muestra	$\%CC=0.23(\%ARENA)+0.25(\%Limo)+0.61(\%Arcilla)$	Capacidad de Campo
SAL	$0.23(31.75)+0.25(39.68)+0.61(28.57)$	34.65
SAC-AS	$0.23(27.56)+0.25(41.21)+0.61(31.23)$	35.69

SAL: Suelo agrícola Limpio

SAC-As: Suelo Agrícola contaminado con arsénico

Interpretación Tabla 6: Para hallar la capacidad de campo se reemplazó los resultados obtenidos en la textura de suelos en la formulada de capacidad de campo y se determinó que las dos muestras tienen un porcentaje aceptable en retención de agua para el desarrollo de microorganismos en el tratamiento de un suelo agrícola contaminado para su recuperación, siendo el porcentaje de retención de un suelo agrícola limpio SAL: 34.65 y un suelo agrícola contaminado con arsénico SAC-As: 35.65.

Tabla 7: Temperatura

TEMPERATURA C°					
SAL	SAC-AS	Dosis	Periodo 1 (15 días)	Periodo 2 (30 días)	Periodo 3 (45 días)
23	23	100g	22.5	20.5	20.7
		200g	22.5	20.5	20.7
		300g	22.5	20.5	20.7

Periodo 1: 15 días, 100g

SAL: Suelo agrícola limpio

SAC-As: Suelo agrícola contaminado con arsénico

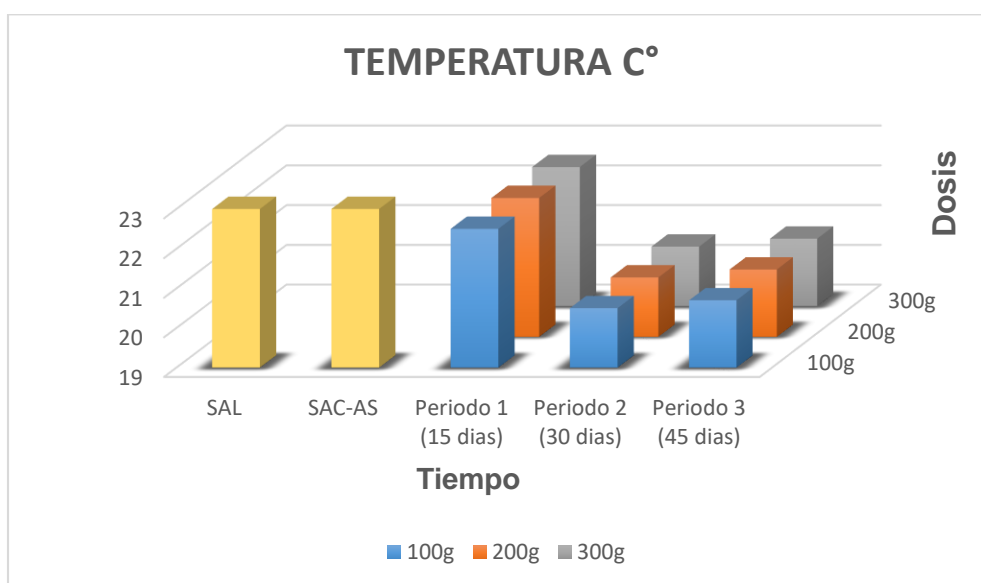


Figura 54: Temperatura en los diferentes periodos.

Interpretación figura 54: Los resultados de una muestra inicial de un suelo agrícola limpio (SAL) y de un suelo agrícola contaminado con arsénico (SAC-As) fueron de 23 °C. En los resultados de un suelo agrícola contaminado con Arsénico, los cuales fueron remediados con cáscara de huevo, se puede evidenciar que a partir del Periodo 1 empieza a disminuir la temperatura y se vuelve constante en los siguientes periodos. La temperatura tiene una relación importante en la generación de microorganismos en el suelo mediante la descomposición de materia orgánica.

Tabla 8: Potencial de Hidrogeno

POTENCIAL DE HIDROGENO ACIDO/BASE					
SAL	SAC-AS	Dosis	Periodo 1 (15 días)	Periodo 2 (30 días)	Periodo 3 (45 días)
7.56	6.54	100g	8.09	8.11	7.87
		200g	8.18	8.15	7.96
		300g	8.12	8.19	8.12

Periodo 1: 15 días, 100g

SAL: Suelo agrícola limpio

SAC-As: Suelo agrícola contaminado con arsénico

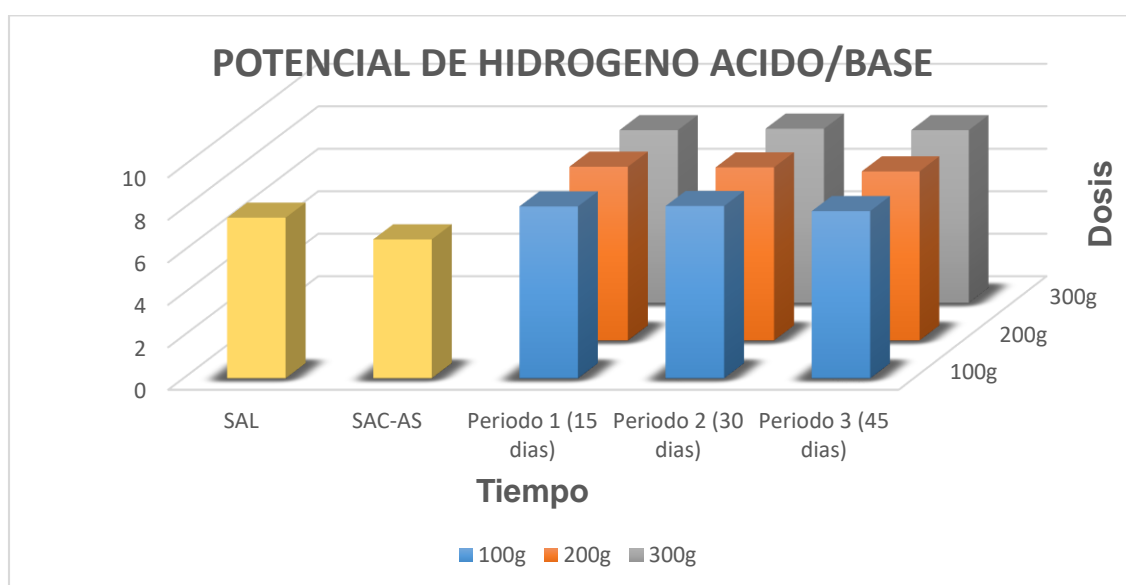


Figura 55: Potencial de hidrogeno en los diferentes periodos.

Interpretación figura 55: Las caracterizaciones iniciales que se realizaron a un suelo limpio y a un suelo contaminado, tuvieron un resultado de 7.56pH y 6.54pH, los cuales se compararon con los resultados obtenidos del suelo contaminado después del tratamiento en los periodos 1-15 días, periodo 2-30 días y periodo 3 – 45 días, las cuales evidenciaron una mejoría en los tres periodos obteniendo un resultado de mejoría constante con la aplicando la dosis de 300g, los cuales fueron: 8.12 pH, 8.19pH y 8.12pH. Estos estos resultados nos demuestran que la aplicación de cáscara de huevo es eficiente a mayor dosis.

Tabla 9: Conductividad Eléctrica

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA dS/m					
SAL	SAC-AS	Dosis	Periodo 1 (15 días)	Periodo 2 (30 días)	Periodo 3 (45 días)
1.42	1.99	100g	1.91	1.69	1.13
		200g	1.86	1.77	0.99
		300g	1.65	1.85	0.87

Periodo 1: 15 días, 100g

SAL: Suelo agrícola limpio

SAC-As: Suelo agrícola contaminado con arsénico

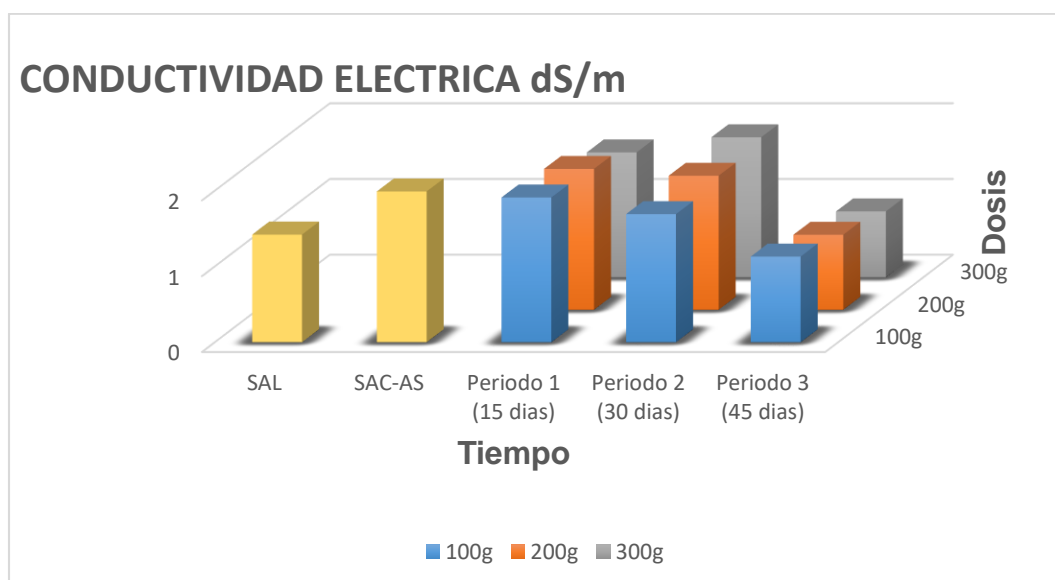


Figura 56: Conductividad eléctrica en los diferentes periodos.

Interpretación de la figura 56: En la caracterización inicial de un suelo limpio y de un suelo contaminado con arsénico su resultado fue: 1.42 y 1.99 dS/m, lo que nos evidencia un valor alto de sales en el suelo agrícola. El resultado en los periodos de remediación con cáscara de huevo del suelo agrícola contaminado, se puede evidenciar una disminución notoria en el periodo 3 - 45 días con las dosis de 100 g, 200 g y 300 g, teniendo como resultados 1.13 dS/m, 0.99 dS/m, 0.87 dS/m, esto nos demuestra que la aplicación de cáscara de huevo está mejorando la conductividad eléctrica, ya que a menor valor facilita la fertilización aumentando nutrientes de la descomposición de la materia orgánica. (INTAGRI,2017)

Tabla 10: Potencial de Redox

POTENCIAL DE REDOX Mv					
SAL	SAC-AS	Dosis	Periodo 1 (15 días)	Periodo 2 (30 días)	Periodo 3 (45 días)
129.4	115.6	100g	109.97	109.97	110.5
		200g	122.37	119.37	118.1
		300g	118.37	121.37	109.2

Periodo 1: 15 días, 100 g

SAL: Suelo agrícola limpio

SAC-As: Suelo agrícola contaminado con arsénico

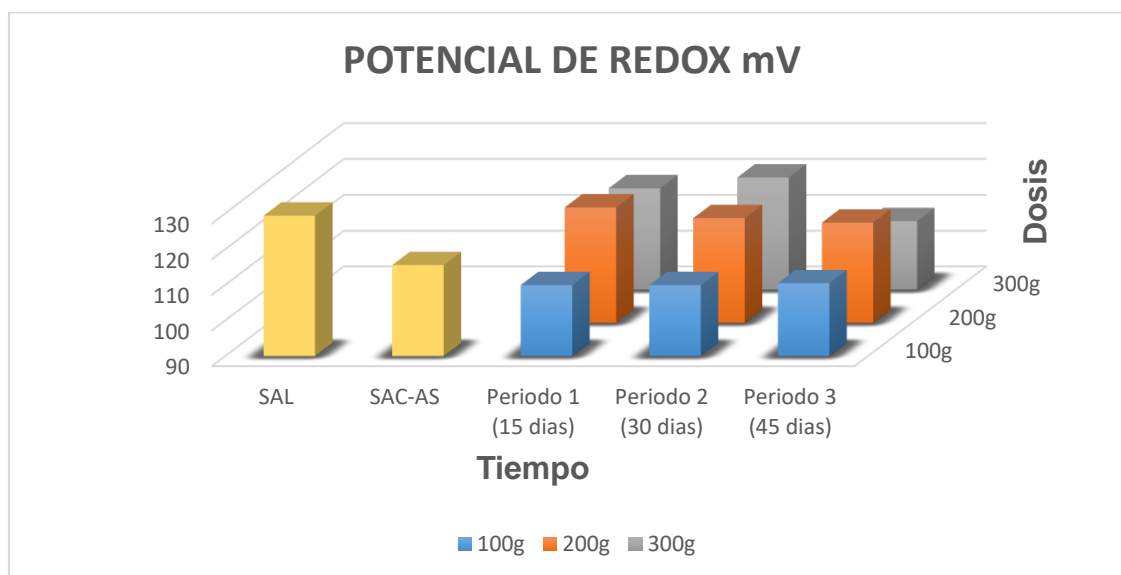


Figura 57: Potencial redox en los diferentes periodos.

Interpretación de la figura 57: Se evidencian los resultados de un suelo agrícola contaminado con arsénico, los cuales han sido sometidos al tratamiento en 3 periodos diferentes de 15, 30 y 45 días, utilizando 3 tipos de dosis de cáscara de huevo 100 g, 200 g y 300 g, presentando un potencial redox de un suelo agrícola limpio (SAL) de 129.4 mv y de un suelo contaminado con arsénico es 115.6 mv, así como tras someterse a la remediación con cáscara de huevo Periodo 1 (100 g), este se redujo a 110 mv y donde se ve mayor reducción es en el Periodo 3(300 g) con un valor de 109.2 mv.

Tabla 11: Humedad Gravimétrica

HUMEDAD DEL SUELO %					
SAL	SAC-AS	Dosis	Periodo 1 (15 días)	Periodo 2 (30 días)	Periodo 3 (45 días)
11.13	9.93	100g	12.83	17.98	17.38
		200g	16.84	17.4	18.31
		300g	15.89	19.61	18.42

Periodo 1: 15 días, 100 g

SAL: Suelo agrícola limpio

SAC-As: Suelo agrícola contaminado con arsénico

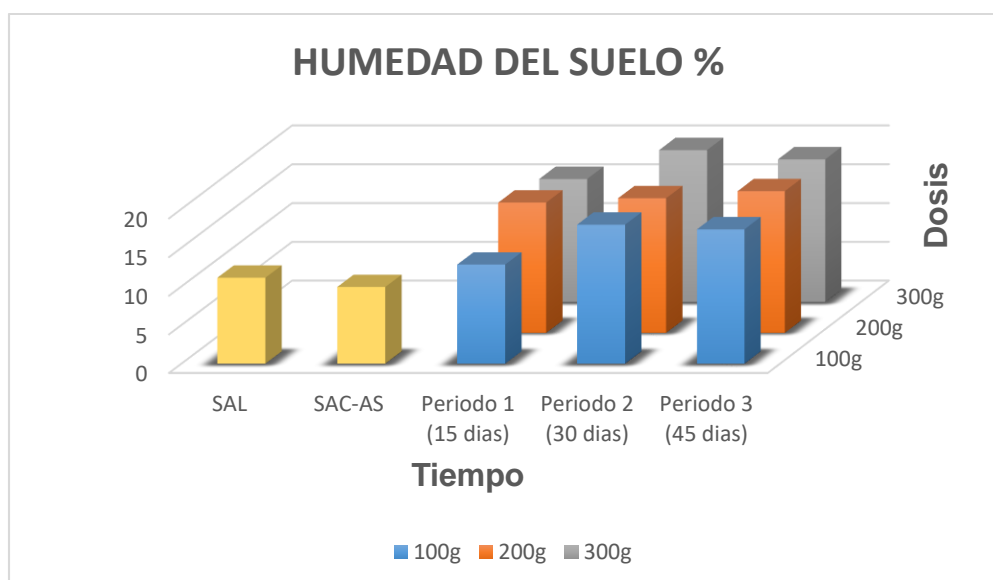


Figura 58: Humedad del suelo en los diferentes periodos.

Interpretación figura 58: En la caracterización inicial de un suelo limpio (SAL) y de un suelo contaminado con arsénico (SAC-As), tuvo como resultado 11.13% y 9.93% de humedad gravimétrica. Los resultados en la remediación con cáscara de huevo, se evidencio como mejor porcentaje de humedad en periodo 1 fue de 15.89% con dosis de 300 g, periodo 2 de 19.61% con dosis de 300 g y periodo 3 de 18.42% con dosis 300 g esto nos demuestra que durante todo el tratamiento la humedad del suelo fue aceptable y fue mayor en comparación con los de menor cantidad de dosis demostrando que la aplicación de la cáscara de huevo contribuyo en el desarrollo de nuevos microorganismos y así contribuir en la descomposición de la materia orgánica mediante la actividad microbiana aumentando la capacidad de

retención de agua así como también en la descomposición de macronutrientes esenciales para el suelo.

Tabla 12: Capacidad de Intercambio Catiónico

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC) mg/100g					
SAL	SAC-AS	Dosis	Periodo 1 (15 días)	Periodo 2 (30 días)	Periodo 3 (45 días)
19.263	21.95	100g	23.34	21.66	20.61
		200g	21.36	20.8	19.89
		300g	20.47	20.18	19.76

Periodo 1: 15 días, 100g

SAL: Suelo agrícola limpio

SAC-As: Suelo agrícola contaminado con arsénico

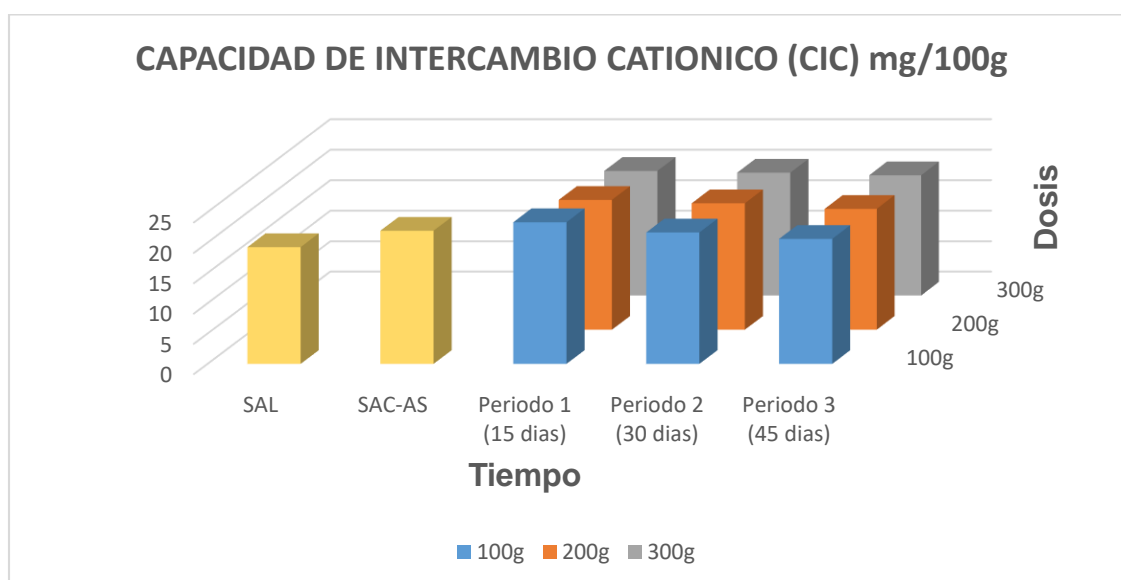


Figura 59: Capacidad de intercambio catiónico

Interpretación de la figura 59: Los resultados de un suelo agrícola contaminado con arsénico, luego del tratamiento en tres periodos diferentes de 15,30 y 30 días, utilizando tres tipos de proporción de cáscara de huevos 100 g, 200 g y 300 g, presentando una capacidad de Intercambio catiónico de un suelo agrícola limpio (SAL) de 26mg/100 g y de un suelo contaminado con arsénico es 21.94mg/100g, así que tras someterse a la remediación con cáscara de huevo en el periodo 1 (100g) aumenta a 23.34mg/100g, periodo 2(200 g) 21.66mg/100gr,periodo 3(100g)

20.61mg/100 g, siendo el periodo 3(300 g) con 19.76 mg/100 g el valor donde se aprecia la reducción de la capacidad de intercambio catiónico.

Tabla 13: Carbono Orgánico total

CARBONO ORGANICO TOTAL (COT) %					
SAL	SAC-AS	Dosis	Periodo 1 (15 días)	Periodo 2 (30 días)	Periodo 3 (45 días)
1.22	0.67	100g	0.75	0.83	0.83
		200g	0.81	0.89	0.91
		300g	0.87	0.92	0.9

Periodo 1: 15 días, 100g

SAL: Suelo agrícola limpio

SAC-As: Suelo agrícola contaminado con arsénico

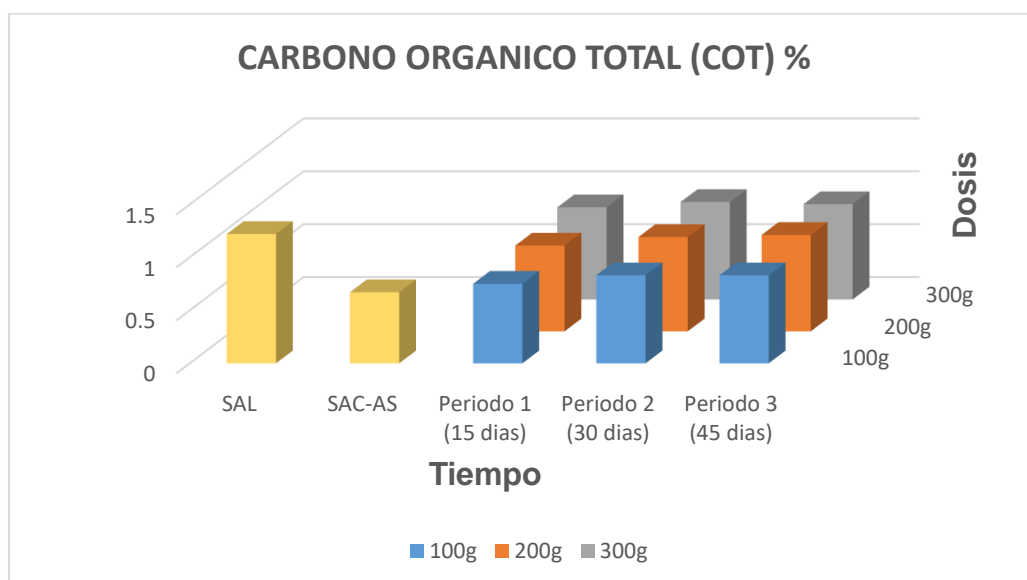


Figura 60: Carbono orgánico total

Interpretación de la figura 60: Los resultados en los tres periodos diferentes de 15,30 y 30 días, utilizando tres tipos de proporción de cáscara de huevos 100g, 200g y 300g, presentando el carbono orgánico total de un suelo agrícola limpio (SAL) de 1.22% y de un suelo contaminado con arsénico es 0.67%, así que tras someterse a la remediación con cáscara de huevo en el periodo 1 – 100g aumento a 0.75%; periodo 2 – 100g 0.83%; periodo 3 – 100g 0.82%. Respecto al periodo 1(10%) 0.81%; periodo 2(10%) 0.89%, periodo 3(10%) 0.91%. Respecto al periodo 1(15%) 0.87%, periodo 2(15%) aumento 0.92% y periodo 3(15%) 0.95%.

Tabla 14: Materia Orgánica

MATERIA ORGANICA (%)					
SAL	SAC-AS	Dosis	15 días	30 días	45 días
2.103	1.160	100g	1.30	1.42	1.42
		200g	1.40	1.58	1.57
		300g	1.50	1.63	1.57

Periodo 1: 15 días, 100g

SAL: Suelo agrícola limpio

SAC-As:Suelo agrícola contaminado con arsénico

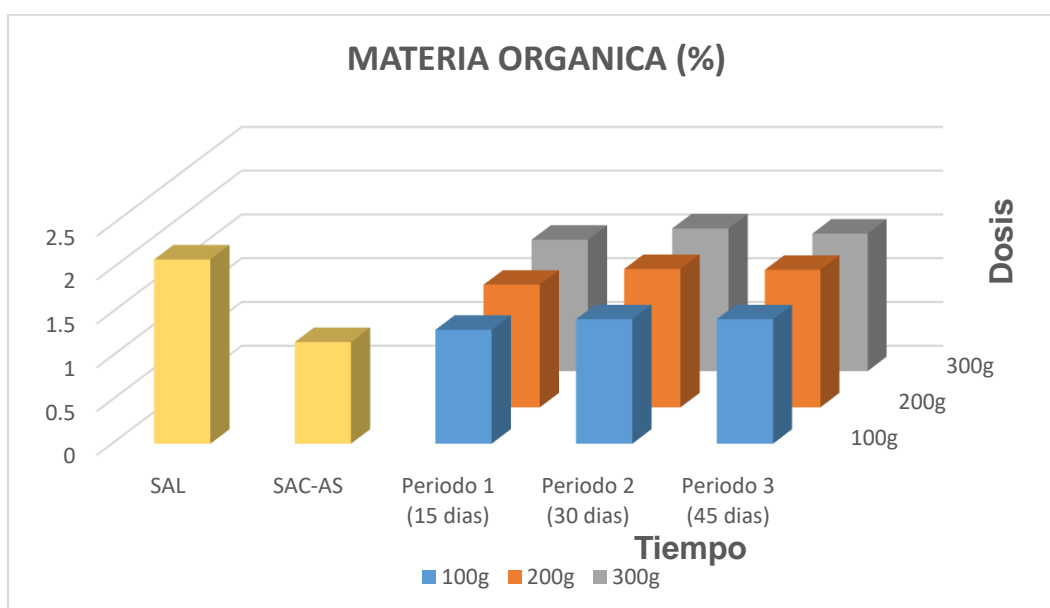


Figura 61: Materia orgánica

Interpretación de la figura 61: En la caracterización inicial de un suelo limpio y un suelo contaminado con arsénico, el resultado es de: 2.10% y 1.16%. En el tratamiento con cáscara de huevo en la remediación de suelo agrícola contaminado, se puede evidenciar un aumento en comparación al porcentaje de descomposición de los valores iniciales de caracterización un suelo contaminado con arsénico, con mayor notoriedad en periodo el 3 -15 días con la dosis (100 g) 1.42%. periodo 3 – 30 días con dosis (200 g) 1.57%. periodo 3 – 45 días con dosis (300 g) 1.63%, demostrándonos el suelo se encuentra en un proceso adecuado de remediación, ya que al tener mayor porcentaje de descomposición de la materia orgánica demuestra de mayor cantidad de microorganismos.

Tabla 15: Nitrógeno

NITROGENO (%)					
SAL	SAC-AS	Dosis	15 dias	30 dias	45 dias
0.11	0.06	100 g	0.069	0.08	0.08
		200 g	0.081	0.087	0.087
		300 g	0.091	0.093	0.093

Periodo 1: 15 días, 100g

SAL: Suelo agrícola limpio

SAC-As: Suelo agrícola contaminado con arsénico

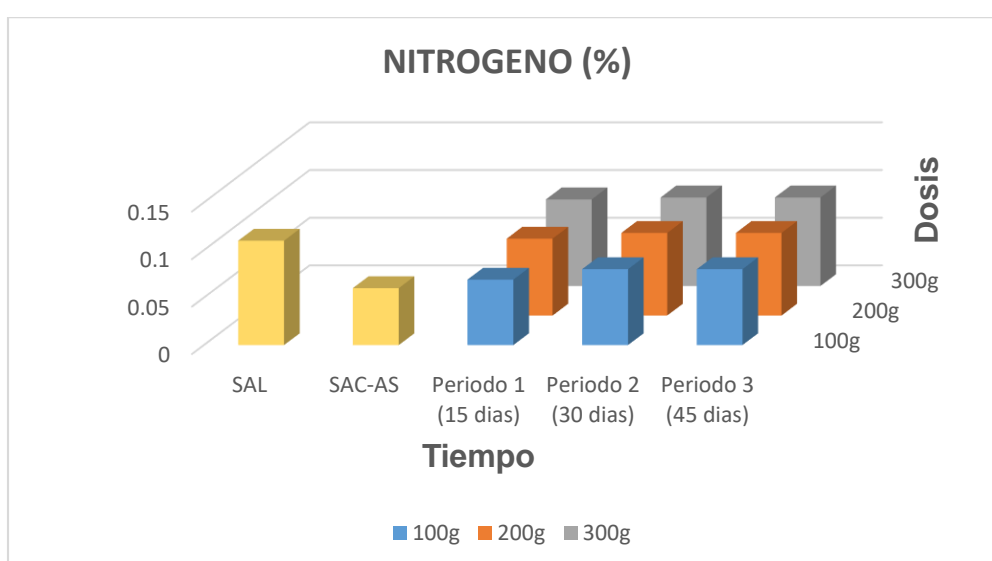


Figura 62: Nitrógeno en diferentes periodos

Interpretación de la figura 62: En los resultados de suelo contaminado con As, en los 3 periodos y tras someterse el tratamiento en 15,30 y 45 días se evidencio que nitrógeno tuvo un incremento significativo en comparación con el resultado obtenido antes del tratamiento los cuales fueron para suelo contaminado con arsénico (SAC-As) inicial 0.06% y teniendo como mejor resultado en el periodo 1 con dosis de 300g fue de 0.091%, para el periodo 2 con dosis de 300g fue de 0.093% y el periodo 3 con dosis de 300 g fue de 0.093% por lo tanto podemos decir que al aumentar la disponibilidad del nitrógeno en el suelo aumentara los microorganismos que componen el suelo y como consecuencia de ello aumentara la recuperación del suelo contaminado.

Tabla 16: Nitratos

NITRATOS (%)					
SAL	SAC-AS	Dosis	15 días	30 días	45 días
65	31	100g	72	125.7	185
		200g	86	160.7	211
		300g	90.7	177	254

Periodo 1: 15 días, 100g

SAL: Suelo agrícola limpio

SAC-As: Suelo agrícola contaminado con arsénico

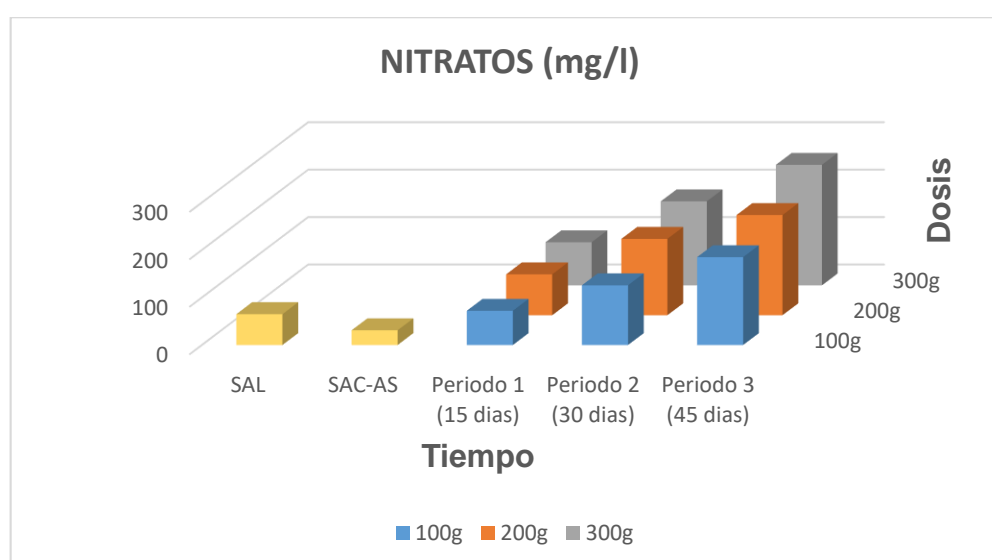


Figura 63: Nitratos en diferentes periodos

Interpretación de la figura 63: En los 3 periodos diferentes y tras someterse el tratamiento en 15,30 y 45 días se evidencio que el nitrato tuvo un incremento progresivo en comparación con el resultado obtenido antes del tratamiento los cuales fueron para suelo contaminado inicial (SAC-As) 31% y teniendo como mejor resultado en el periodo 1 con dosis 300 g fue de 90.7%, para el periodo 2 con dosis de 15%(300 g) fue de 177% y el periodo 3 con dosis de 300 g fue de 254% por lo tanto podemos decir que al haber presencia de nitrógeno en el suelo y por la acción de los microorganismos forman amoniaco que al oxidarse forma iones de nitrito, que a su vez forman el nitrato disponible para las plantas aumentando su fertilidad.

Tabla 17: Relación Carbono/Nitrógeno

RELACION CARBONO/NITROGENO (%)					
SAL	SAC-AS	Dosis	15 días	30 días	45 días
11.09	11.17	100g	10.92	10.38	10.63
		200g	10.04	10.19	10.71
		300g	9.54	9.96	10.22

Periodo 1: 15 días, 100g

SAL: Suelo agrícola limpio

SAC-As: Suelo agrícola contaminado con arsénico

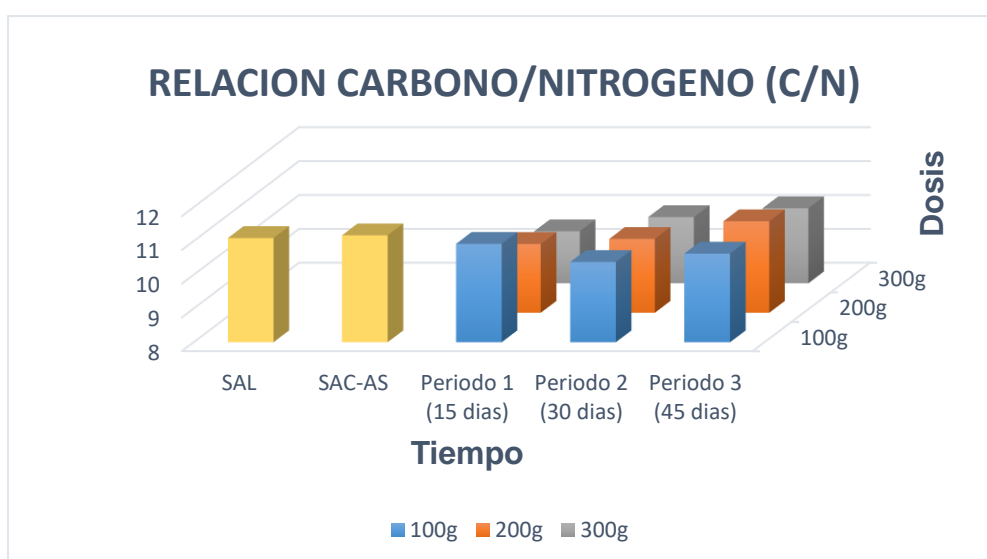


Figura 64: Relación carbono nitrógeno de los periodos

Interpretación de la figura 64: En los tres periodos diferentes de 15,30 y 45 días, utilizando tres tipos de proporción de cáscara de huevos de 100g, 200g y 300g, presentando el carbono/nitrógeno tras someterse a la remediación con cascara de huevo en el periodo 1 – 100g 10.92%; periodo 2 – 100g 10.38%; periodo 3 -100g 10.63%. Respecto al periodo 1 – 200 g 10.04%; periodo 2 – 200 g 10.19%, periodo 3 – 200 g 10.71%. Respecto al periodo 1 – 300g 9.54%; periodo 2 – 300 g, 9.96% y periodo 3 – 300 g 10.22%.

Respondiendo al segundo objetivo específico, se realizó la identificación de las caracterizaciones físicas y químicas de la cáscara de huevo teniendo como resultado:

Respondiendo nuestro cuarto objetivo específico, ¿Cuál será la reducción del arsénico en suelo agrícola, tratado con cascará de huevo?

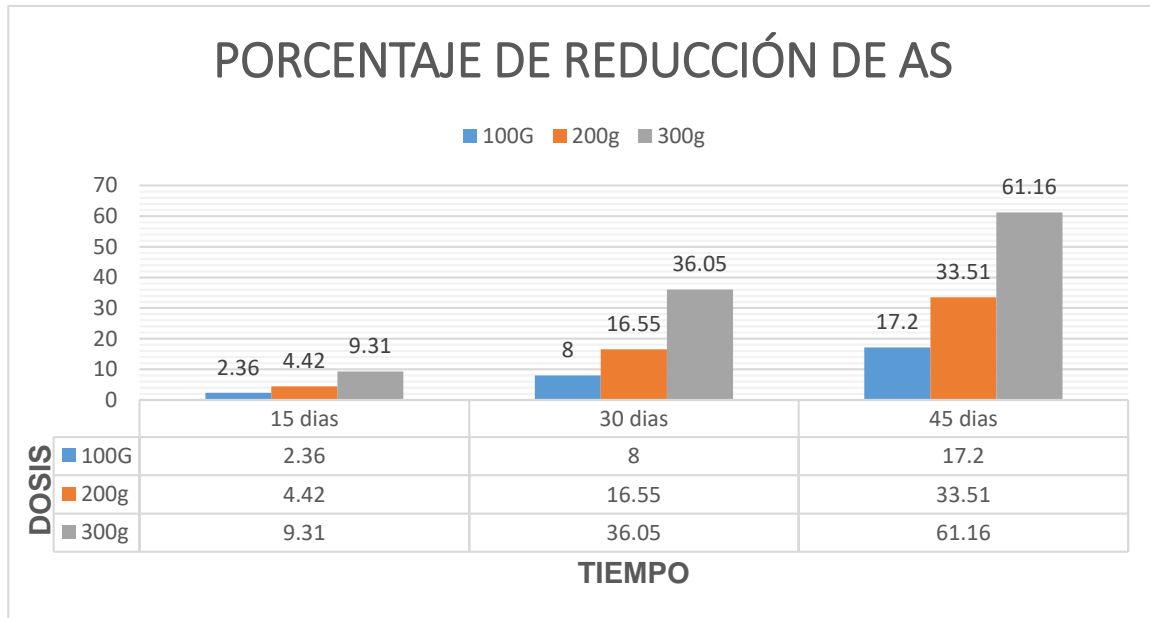


Figura 65: Porcentaje de reducción

Interpretación figura 65: Según se demuestra en el gráfico el porcentaje de reducción se da desde el periodo 1 - 15 días, teniendo un incremento constante respecto al tiempo y dosis en nuestro tratamiento. El mayor porcentaje de reducción se dio en el periodo 3 – 45 días con la aplicación de 300g de cáscara de huevo, el cual nos dio como resultado 61.16% de reducción del contaminante As, con lo que respondemos a nuestra hipótesis específica, teniendo un mayor valor del 50% de reducción.

4.1 Análisis estadístico de los datos obtenidos

Para responder nuestra hipótesis general realizamos la prueba de normalidad con el programa SPSS 26.

Tabla 18: Normalidad de tiempo y As

Pruebas de normalidad							
Tiempo		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
As	1.00	0.248	9	0.12	0.821	9	0.04
	2.00	0.277	9	0.04	0.820	9	0.03
	3.00	0.261	8	0.12	0.813	8	0.04

Si $p < 0.05$ rechazamos la H_0 y acepto H_a

Si $p > 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos H_a

El estadístico utilizado fue Shapiro – Wilk, debido a que tiene un grado de libertad menor a 50 muestras, así mismo el valor de $p < 0.05$ lo que indica que es no paramétrica, por lo cual aceptamos la hipótesis alterna, y se evaluara mediante el rho spearman.

Tabla 19: Análisis de varianza

ANOVA					
As					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1390.003	2	695.002	12.877	0.000
Dentro de grupos	1295.371	24	53.974		
Total	2685.374	26			

H_0 : El tiempo no influye en el proceso de remediación del suelo agrícola contaminado con arsénico.

H_a : El tiempo influye en el proceso de remediación del suelo agrícola contaminado con arsénico.

Si $p < 0.05$ rechazamos la H_0 y acepto H_a

Si $p > 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos H_a

El valor de significancia es $p < 0.05$ por lo que rechazamos la H_0 y aceptamos H_a : El tiempo influye en el proceso de remediación del suelo agrícola contaminado con arsénico.

Tabla 20: Tukey Tiempo

HSD Tukey ^a			
Dias	N	Subconjunto para alfa	
		1	2
45	9	84.4867	
30	9		93.8778
15	9		102.0478
Sig.		1.000	0.067

Tabla 21: Normalidad de dosis y As

Pruebas de normalidad							
Dosis		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
As	100.00	0.223	9	.200*	0.835	9	0.051
	200.00	0.217	9	.200*	0.830	9	0.045
	300.00	0.230	8	.200*	0.844	8	0.082

Si $p < 0.05$ rechazamos la H_0 y acepto H_a

Si $p > 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos H_a

El estadístico utilizado fue Shapiro – Wilk, debido a que tiene un grado de libertad menor a 50 muestras. El valor de $p < 0.05$ lo que indica que es no paramétrica, por lo cual aceptamos la hipótesis alterna, y se evaluara mediante el rho spearman.

Tabla 22: Análisis de varianza

ANOVA					
As					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	973.957	2	486.978	6.829	0.004
Dentro de grupos	1711.417	24	71.309		
Total	2685.374	26			

H_0 : Las dosis de la cascará de huevo no influyen en el proceso de remediación del suelo agrícola contaminado con arsénico.

Ha: El tiempo influye en el proceso de remediación del suelo agrícola contaminado con arsénico.

Si $p < 0.05$ rechazamos la H_0 y acepto H_a

Si $p > 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos H_a

El valor de significancia es $p < 0.05$ por lo que rechazamos la H_0 y aceptamos H_a :
El tiempo influye en el proceso de remediación del suelo agrícola contaminado con arsénico.

Tabla 23: Tukey Dosis

HSD Tukey ^a			
Dosis en	N	Subconjunto para alfa	
		1	2
300	9	85.4667	
200	9	95.0111	95.0111
100	9		99.9344
Sig.		0.062	0.444

La significancia en el estadístico de Tukey es mayor al $p > 0.05$ lo que determina la aceptación de la hipótesis nula, dando a conocer la importancia que tuvo en todo el tratamiento.

Tabla 24: Prueba de Normalidad Parámetros Físicos y químicos del suelo

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MO	0.180	27	0.024	0.933	27	0.081
Nitratos	0.178	27	0.028	0.923	27	0.046
Nitrogeno	0.140	27	0.184	0.907	27	0.019
CN	0.161	27	0.070	0.945	27	0.161
Temperatura	0.386	27	0.000	0.656	27	0.000
pH	0.249	27	0.000	0.832	27	0.001
CE	0.281	27	0.000	0.792	27	0.000
PR	0.174	27	0.034	0.898	27	0.012
Humedad	0.159	27	0.078	0.873	27	0.003
CIC	0.147	27	0.141	0.873	27	0.003
CO	0.132	27	.200 [*]	0.964	27	0.445

Criterio de decisión

Si $p < 0.05$ rechazamos la H_0 y acepto H_a

Si $p > 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos H_a

El estadístico utilizado fue Shapiro – Wilk, debido a que tiene un grado de libertad de 27 muestras, se observa en la **tabla 24** que el $p < 0.05$ lo que indica que es no paramétrica, aceptando la hipótesis alterna, y se evaluara mediante el rho spearman.

Tabla 25: Análisis de varianza de los parámetros físico y químicos del suelo agrícola

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Materia Orgánica_123	Entre grupos	0.107	2	0.053	5.944	0.008
	Dentro de grupos	0.216	24	0.009		
	Total	0.323	26			
Nitratos_123	Entre grupos	80664.889	2	40332.444	80.220	0.000
	Dentro de grupos	12066.491	24	502.770		
	Total	92731.380	26			
Nitrogeno_123	Entre grupos	0.000	2	0.000	2.221	0.130
	Dentro de grupos	0.001	24	0.000		
	Total	0.001	26			
C_N_123	Entre grupos	0.728	2	0.364	1.701	0.204
	Dentro de grupos	5.139	24	0.214		
	Total	5.867	26			
Arsenico_123	Entre grupos	1390.003	2	695.002	12.877	0.000
	Dentro de grupos	1295.371	24	53.974		
	Total	2685.374	26			
pH_123	Entre grupos	0.148	2	0.074	15.319	0.000
	Dentro de grupos	0.116	24	0.005		
	Total	0.264	26			
Conductividad eléctrica_123	Entre grupos	3741323.556	2	1870661.778	175.761	0.000
	Dentro de grupos	255437.111	24	10643.213		
	Total	3996760.667	26			
Potencial Redox_123	Entre grupos	110.940	2	55.470	2.039	0.152
	Dentro de grupos	653.020	24	27.209		
	Total	763.960	26			
Humedad_123	Entre grupos	60.464	2	30.232	16.268	0.000
	Dentro de grupos	44.601	24	1.858		
	Total	105.064	26			
CIC_123	Entre grupos	11.537	2	5.768	7.364	0.003
	Dentro de grupos	18.800	24	0.783		
	Total	30.337	26			
COT_123	Entre grupos	0.036	2	0.018	7.024	0.004
	Dentro de grupos	0.061	24	0.003		
	Total	0.097	26			0.046

Si $p < 0.05$ rechazamos la H_0 y acepto H_a

Si $p > 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos H_a

H_0 : Las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola no se mejorarán después del tratamiento con cascará de huevo

H_a : Las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola se mejorarán después del tratamiento con cascará de huevo

El valor de significancia es $p < 0.05$ por lo que rechazamos la H_0 y aceptamos que las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola se mejoraran después del tratamiento con cáscara de huevo.

Tabla 26: Tukey de humedad

Humedad			
	Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey ^a	3	9	180,378
	2	9	183,289
	1	9	280,189
	Sig.		,610

La significancia en el estadístico de Tukey es mayor al $p > 0.05$ lo que determina la aceptación de la hipótesis nula, dando a conocer la importancia que tuvo en todo el tratamiento.

Tabla 27: Tukey MO

MO				
	Tratamientos	N	Subconjunto para alfa =	
			1	2
HSD Tukey ^a	1	9	14,000	
	3	9		15,211
	2	9		15,400
	Sig.		1,000	,905

La significancia en el estadístico de Tukey es mayor al $p > 0.05$ lo que determina la aceptación de la hipótesis nula, dando a conocer la importancia que tuvo en todo el tratamiento.

Tabla 28: Tukey Nitratos

Nitratos					
	Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD Tukey ^a	1	9	828,889		
	2	9		1,544,444	
	3	9			2,166,667
	Sig.		1,000	1,000	1,000

La significancia en el estadístico de Tukey es mayor al $p > 0.05$ lo que determina la aceptación de la hipótesis nula, dando a conocer la importancia que tuvo en todo el tratamiento.

Tabla 29: Tukey Nitratos

Nitrogeno			
	Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey ^a	1	9	,0803
	2	9	,0864
	3	9	,0864
	Sig.		,183

La significancia en el estadístico de Tukey es mayor al $p > 0.05$ lo que determina la aceptación de la hipótesis nula, dando a conocer la importancia que tuvo en todo el tratamiento.

Tabla 30: Tukey Nitrógeno

Nitrógeno			
	Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey ^a	1	9	,0803
	2	9	,0864
	3	9	,0864
	Sig.		,183

La significancia en el estadístico de Tukey es mayor al $p > 0.05$ lo que determina la aceptación de la hipótesis nula, dando a conocer la importancia que tuvo en todo el tratamiento.

Tabla 31: Normalidad del porcentaje de reducción de As

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje_Reducción As	0.246	27	0.000	0.837	27	0.001

Si $p < 0.05$ rechazamos la H_0 y acepto H_a

Si $p > 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos H_a

El estadístico utilizado fue Shapiro – Wilk, debido a que tiene un grado de libertad menor a 50 muestras, así mismo el valor de $p < 0.05$ lo que indica que es no paramétrica, por lo cual aceptamos la hipótesis alterna, y se evaluara mediante el rho spearman.

Tabla 32: Análisis de varianza

ANOVA					
Porcentaje_Reducción_As					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4594.623	2	2297.312	12.875	0.000
Dentro de grupos	4282.230	24	178.426		
Total	8876.854	26			

Ho. La reducción del arsénico en suelo agrícola no será mayor al 50% después del tratamiento con la cascará de huevo.

Ha: La reducción del arsénico en suelo agrícola será mayor al 50% después del tratamiento con la cascará de huevo.

Si $p < 0.05$ rechazamos la Ho y acepto Ha

Si $p > 0.05$ aceptamos la Ho y rechazamos Ha

El valor de significancia es $p < 0.05$ por lo que rechazamos la Ho y aceptamos Ha:
La reducción del arsénico en suelo agrícola será mayor al 50% después del tratamiento con la cascará de huevo.

Tabla 33: Tukey Porcentaje de reducción As

Dosis (Kg)	N	Subconjunto para alfa	
		1	2
100	9	9.2089	
200	9	18.1622	18.1622
300	9		35.5133
Sig.		0.444	0.062

La significancia en el estadístico de Tukey es mayor al $p > 0.05$ lo que determina la aceptación de la hipótesis nula, dando a conocer la importancia que tuvo en todo el tratamiento.

V.- DISCUSIÓN

En la investigación se evaluó el potencial de hidrogeno con un valor inicial neutro de 6.54 pH y tras someterse al tratamiento con cáscara de huevo se obtuvieron los resultados para los periodos (15, 30 y 45 días) con una dosis 300 g los valores de 8.12 pH, 8.19 pH, 8.12 pH, que según Andrades y Martínez (2022) los valores en mención son de nivel básico. Asimismo, Quispe (2018) en su investigación utilizó cáscara de huevo para tratar un suelo ácido, el cual presentó un valor inicial de 4.9 pH y tras el tratamiento obtuvo un 7.65 pH. A su vez Mensah (2022), en su investigación realizó la aplicación de 5 tipos de enmiendas, en distintas proporciones (0.5%, 2% y 5%) en un suelo agrícola contaminado con arsénico, en el cual se tuvo como resultado inicial pH 6.8 y luego de 28 días del tratamiento se obtuvo un resultado de 7.8 y 7.5 pH con la aplicación de 5% de estiércol y 5% de compost. El resultado obtenido nos demuestra que la cáscara de huevo mejora la calidad de suelos ácidos, así como el exceso podría aumentar la alcalinidad.

Respecto a la conductividad eléctrica (CE) presentó un valor inicial de 1.9 dS/m, teniendo una clasificación de muy ligeramente salino. Al someterse al tratamiento con cáscara de huevo, en el tercer periodo con las dosis (100 g, 200 g y 300 g), la conductividad eléctrica se redujo a 1.13 dS/m, 0.98 dS/m, 0.87 dS/m. Así mismo Mensaha (2022), en su trabajo de investigación donde realizó la aplicación de Biocarbon, compost, óxido de hierro, estiércol y fertilizantes inorgánicos a una proporción de 0.5%, 2 % y 5 % para evaluar la afectación en la biodisponibilidad del arsénico en un suelo de una mina contaminada. Se tuvo como resultado inicial de la conductividad eléctrica (CE) 1,2 y 2,3 dS/m y luego de la aplicación de fertilizantes (NPK) a 5g/kg y estiércol a 5% la conductividad eléctrica (CE) aumentó a 2,3 dS/m y 2.1 dS/m, en un periodo de 28 días. Por lo tanto, nuestra investigación mejora la conductividad eléctrica ya que al tener un valor menor de 2 dS/m es muy ligeramente salino. Según menciona Andrades y Martínez (2022) es apropiado para el sembrío de la mayoría de cultivos.

Asimismo, la relación de carbono/nitrógeno inicial es de 11.17% y luego del tratamiento con las dosis (100 g, 200 g y 300 g) se mantiene con un valor mínimo de variación en los periodos de 15, 30 y 45 días, siendo el rango menor 9.54% y el mayor 10.92%, los cuales se encuentran dentro del rango óptimo. En comparación

Zhang et al. (2020) en la remediación de suelos contaminados con As mediante diferentes tratamientos se obtuvieron como resultado al aplicar biocarbón de paja 23.24%, óxido de hierro 15.26% y biocarbón modificado con óxido de hierro 21.25% en relación de C/N, las cuales se encuentran fuera del rango óptimo. A su vez Gamarra et al. (2017) menciona que la relación C/N indica la disponibilidad de nitrógeno y la descomposición lenta de la materia orgánica y por lo que recomienda que el valor sea menor a 15%. Así mismo AGROFORUM (2017), menciona que el rango óptimo $8.5 \leq C/N < 11.5$ nos indica un suelo equilibrado, con control en la liberación del nitrógeno mineral y el contenido en carbono del suelo. Por lo tanto, la aplicación de cáscara de huevo no altera la relación C/N, en la remediación de un suelo contaminado con arsénico.

Así mismo se evaluó la presencia de carbono orgánico total en un suelo contaminado con arsénico. Al realizar el análisis inicial se obtuvo un valor de 0.67% y luego del tratamiento con las cáscara de huevo se obtuvo un mejor resultado en el periodo 3 – 45 días con las dosis 100 g (0.82%), 200 g (0.91%) y 300 g (0.95%). A diferencia de Zhang et al. (2020) realizó tratamientos con biocarbón de paja óxido de hierro y biocarbón modificado con óxido de hierro, se obtuvo como resultados 14,07%, 9.92%, 16,02% y 9.10% en un periodo de incubación de 9 meses. Eyherabide, et. al. (2014), el carbono orgánico es importante en la actividad biológica del suelo debido a que proporciona recursos energéticos a los microorganismos del suelo y es un indicador de la calidad del suelo. Por lo tanto, en nuestra investigación aumenta relativamente en cada uno de los periodos dando un indicador la recuperación de suelo agrícola.

De la misma forma se evaluó el aumento en la presencia de nitrógeno, luego de haber aplicado la cáscara de huevo en tres dosis (100 g, 200 g y 300 g) en tres distintos periodos. En la caracterización inicial de nuestro suelo contaminado con arsénico, se tuvo como resultado 0.06% considerado un valor muy bajo, siendo en el periodo 3 – 45 días con la dosis de 300 g donde hubo mayor aumento a 0.09 % considerado con un valor bajo. Por consiguiente, Zhang et al. (2020), en su investigación sobre la utilización de 3 enmiendas en un suelo contaminado con arsénico, determinando que en la aplicación de biocarbón de paja, óxido de hierro y biocarbón modificado con óxido de hierro, el tratamiento más eficiente fue el que

se realizó con biocarbon modificado con óxido de hierro, teniendo un valor de 0,77% clasificado con un valor muy alto. Se justifica que la aplicación de la cáscara de huevo aumento el valor de nitrógeno de muy bajo a bajo según menciona (SARGARPA, 2012; Acuña, 2021), lo cual favorece en el desarrollo de las plantas.

Respecto a la materia orgánica presenta un valor inicial de 9.93 % y tras ser sometido al tratamiento con cáscara de huevo en 3 periodos diferentes, se evidencio que en mayor aumento de materia orgánica en el periodo 3 – 45 días con las dosis de 100 g, 200 g, 300 g. Los cuales fueron 18%, 18.3% y 18.4%, respectivamente, durante 45 días, aumentando de manera significativa con respecto al valor inicial. A diferencia de MIN, et al (2022), en su investigación para la remediación de suelo contaminado con arsénico, se realizó dos tomas de muestras de ganga de carbón. Se tuvo como resultado para materia orgánica inicial 43.3 g/kg y luego del tratamiento se redujo a: 34,4 g/kg, 29,3 g/kg. Por lo tanto, la aplicación de cáscara de huevo produce el aumento de materia orgánica.

En nuestro trabajo de investigación se realizó la caracterización físico y químico de la cáscara de huevo, teniendo como resultado que el porcentaje de carbonato de calcio (CaCO_3) fue de 92.38%, con una granulometría de 0.355mm, el cual nos dio resultados de estabilización de un pH 6.54 a 8.12 y 61.16% de reducción de arsénico. A diferencia de Huanca y García (2019) que también trabajo con cáscara de huevo para la estabilización de suelos ácidos, utilizo como valor teórico el CaCO_3 al 95% y con granulometría 53 – 106 μm , los cuales convertidos a nuestra unidad de medida (mm) son 0.053mm y 0.106, tuvieron como mejor resultado en la recuperación de un suelo acido con valor inicial de 4.98 pH y que a los 135 días se obtuvo un aumento en el valor de pH 7.45, 7.63 de pH, así mismo, Silva y Saray (2019) en su trabajo de investigación, utilizo la cáscara de huevo al 93.6% de CaCO_3 con granulometría de 0.075 mm, como absorbente de arsénico en una solución sintética en 3 puntos de muestreo del río Tambo: Quelga, Ayanquera y El Toro, en el cual se tuvo valores por encima de los estándares de calidad. Al finalizar el experimento se tuvo como resultado final 93, 3239% de remoción de Arsénico. El porcentaje de CaCO_3 de nuestro estudio tiene similitud al de Huanca y García (2019) y Silva y Saray (2019), sin embargo, la granulometría de nuestra

investigación es mayor (0.355mm), por lo que a menor granulometría mejora la capacidad de reducción del contaminante arsénico.

Respecto al porcentaje de reducción de arsénico en un suelo agrícola contaminado utilizando cáscara de huevo, se evaluó el mejor resultado de cada periodo (15, 30 y 45 días) con el mayor porcentaje de reducción, teniendo así que en el periodo 1 – 15 días 9.31%, periodo 2 – 30 días 36.05 %, periodo 3 – 45 días 61.16 %, a diferencia de Dong et al., (2021). Utilizo el diseño nZVI-VC para remediar suelo contaminado con arsénico y se tuvo como resultado, una eficiencia en reducción en 32.64% en un periodo de incubación de 180 días. Así mismo, Dengxiao et al. (2021), en su investigación evalúa el efecto de la aplicación de fertilizantes de azufre y yeso en distintas dosis (0,0,15 y 0,30) para la remediación de suelos contaminados con arsénico en los cultivos de arroz, se obtuvo una reducción de 39.1% de arsénico. Himanshu et al. (2021) en su estudio realizó la contaminación de suelo agrícola con As artificial de diferentes concentraciones (0. 50, 100, 250, 500, 1000 mg/kg) y se buscó fito remediar con la plantación de *Vetiveria zizanioides* L, en los periodos de 30,60 y 90 días. Se determinó la efectividad en reducción de As en un suelo agrícola contaminado con 50 mg/kg en un 71% en un periodo de 90 días. A su vez Min, et al., (2022) evaluó la remediación de suelos contaminados con arsénico bajo condiciones de inundación, mediante una sintetización de hierro, se tuvo como mejor resultado la reducción de As en un 54,37% en 30 días. Esto evidencia que la aplicación de cáscara de huevo tiene mejores resultados en cuando a reducción de arsénico sin necesidad de agregar otras enmiendas, para conservar y mejorar la calidad del suelo durante el tratamiento.

Como una de las fortalezas de nuestra metodología empleada, se enfatiza el aporte que propone ante la contaminación de suelos agrícolas con arsénico, que en su mayoría es debido al uso excesivo de agroquímicos (Andrade, 2017). La comparativa de los parámetros físico químicos antes y después del tratamiento con cáscara de huevo, nos permite demostrar la efectividad de la cáscara de huevo en la remediación de un suelo agrícola contaminado, así como la importancia del CaCo_3 en la reducción de Arsénico. Dentro de las debilidades que se tuvieron al realizar el trabajo de investigación, fue el traslado de la muestra hacia un

laboratorio. Sin embargo, nuestra investigación servirá como un aporte científico, para investigaciones futuras.

VI.- CONCLUSIONES

- Los parámetros físico y químico del suelo agrícola contaminado mejoraron luego del tratamiento con cáscara de huevo obteniendo como resultado: pH (8.12), potencial redox (109.2 mV), conductividad eléctrica (0.87 dS/m), humedad gravimétrica (18.42%), Materia orgánica (1.57%), Carbono orgánico total (0.9%).
- Las características físico químico de la cáscara de huevo influyeron en la remediación del suelo agrícola contaminado, esto debido a que % de humedad, % porosidad, materia orgánica y CaCO₃ permitieron, la fácil degradación de la materia orgánica, generando microorganismos, lo cual pudo ser corroborado en las evaluaciones de los periodos 15,30 y 45 días y se vio reflejado en el aumento de los valores físicos y químicos y en la reducción del arsénico en el suelo agrícola contaminado.
- El tiempo y dosis influyen en la reducción de la concentración de arsénico, el cual tuvo como mejor resultado a los 45 días con 300 g de dosis una concentración final de 71.36 mg/kg.
- El tratamiento del suelo agrícola contaminado con arsénico, aplicando cáscara de huevo tuvo como mejor resultado a los 45 días una reducción de 61.16% de arsénico.

VII.- RECOMENDACIONES

- Para nuevos trabajos de investigación, el tiempo y dosis se mayor para tener mejores resultados.
- Utilizar granulometrías menores a 0.355mm para que se pueda obtener una reducción mayor en la concentración de arsénico.
- Tener en consideración una humedad mayor en todo el tratamiento del suelo contaminado con arsénico, para evaluar junto con el tiempo el grado de reducción por cada periodo.
- Tratamiento de suelo con materia orgánica la humedad debe tener un rango de 25 a 30% para que esta tenga un proceso completo en la biodegradación.

VIII.- REFERENCIAS

ANDRADES, María y MARTÍNEZ, Elena. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Dialnet [en línea]. Universidad de La Rioja, 2022. [fecha de Consulta: 10 de julio de 2022]. ISSN 978-84-09-36238-7 Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=267902>

ACUÑA, G. Indicadores fisicoquímicos del suelo con manejo tradicional de cultivos en la comunidad nativa de chambira picota- san Martín. Tesis (Título de Maestro en ciencias de agroecología). Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2021. [fecha de consulta: 10 de Julio 2022] Disponible en: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1867/TS_GAN_2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y

AGOSTINI, M.et al., Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. Ciencia del Suelo [en línea].2014, vol. 32, no. 2, pp. 171-176 [fecha de Consulta: 10 de octubre de 2021]. ISSN 03263169. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672014000200003&lng=es&nrm=iso

ALBERT K. Mensah, BERND Marschner, SABRY M. Shaheen, JÖRG Rinklebe. Biochar, compost, iron oxide, manure, and inorganic fertilizer affect bioavailability of arsenic and improve soil quality of an abandoned arsenic-contaminated gold mine spoil. Ecotoxicology and Environmental Safety [en línea]. Volumen 234. 01 Abril 2022. [fecha de Consulta: 15 de Mayo de 2022] ISSN 0147-6513 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113358>

AMIEL, José. Las variables en el método científico. Revista de la Sociedad Química del Perú [en línea]. 2007, 73(3), 171-177[fecha de Consulta: 10 de octubre de 2021]. ISSN: 1132-6344. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000300007&lng=es&nrm=iso. ISSN 1810-634X.

ANDRADES, María y MARTÍNEZ, Elena. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Dialnet [en línea]. Universidad de La Rioja, 2022. [fecha de Consulta: 10 de julio de 2022]. ISSN 978-84-09-36238-7 Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=267902>

ANDRADE, C.K., 2017. Análisis sustentable de las fincas de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) en Santa Rosa de Quives, Lima, Perú. *Ecología Aplicada* [en línea], vol. 16, no. 2. Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v16n2/a08v16n2.pdf>.

ANGELONE, Silvia, et al., Permeabilidad de suelos. Geología y Geotécnica [en línea]. 2006, pp. 39 [fecha de Consulta: 10 de noviembre de 2021]. Disponible en:

[https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Permeabilidad%20en%20](https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Permeabilidad%20en%20Suelos.pdf)

[Suelos.pdf](https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Permeabilidad%20en%20Suelos.pdf)

AGROFORUM, 2017. La relación ideal C/N (carbono y nitrógeno) en el suelo. Serie Suelos. Disponible en: <https://www.agroforum.pe/agro-noticias/relacion-ideal-c-n-carbono-nitrogeno-suelo-11176/>

BADII, M.H., CASTILLO RODRÍGUEZ, M., WONG, A. y VILLALPANDO, P., 2017. Diseños experimentales e investigación científica. Revista Innovaciones de Negocios. [en línea]. 2017, vol. 4, no. 8, pp. 283-330. [fecha de Consulta: 10 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.29105/rinn4.8-5>

BAUTISTA CRUZ, A., Etchevers Barra, J., del Castillo, R., y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2). Recuperado a

partir

de:

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>

BEDOYA SALAZAR, Apolonia y VALENCIA GONZÁLEZ, Mónica P. 2020. Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revisión sistemática. *Revista Colombiana De Ciencia Animal*. ISSN 20274297. Disponible en: <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.776>

CASTRO, Marta. La membrana de la cáscara de huevo, nuevo ingrediente funcional. Instituto de estudios de huevo. [en línea], 2021 [fecha de consulta: 10

de marzo 2022] Disponible en: <https://www.institutohuevo.com/la-membrana-de-la-cascara-del-huevo-nuevo-ingrediente-funcional/>

CALVA, Carla, PINEDO Liliana y RODRÍGUEZ, cristiano. Lowering the Toxicity of Cd to Theobroma cacao Using Soil Amendments Based on Commercial Charcoal and Lime. *Toxics* 2022 [en línea]. 04 Enero 2022. [fecha de Consulta: 05 de Mayo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/toxics10010015>

CHÁVEZ, A., 2015. Comparación de dos métodos para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico en suelos calizos de la región central de Honduras. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Honduras: Universidad Zamorano, Escuela agrícola panamericana, 2014 [en línea]. 2015. pp.17. [fecha de Consulta: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4564/1/CPA-2015-021.pdf>

CHATTHAI SrithongkuL, SAKUNNA Wongsapin, CHANIDA Krongchai, CHOOCHAD Santasup, SILA Kittiwachana. Investigation of mobility and bioavailability of arsenic in agricultural soil after treatment by various soil amendments using sequential extraction procedure and multivariate analysis. *CATENA* [en línea]. Volumen 181. Octubre 2019. [fecha de Consulta: 27 de noviembre de 2021]. ISSN 0341-8162 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104084>

Chen, Y., Xu, J., Lv, Z., Xie, R., Huang, L., & Jiang, J. (2018). Impacts of biochar and oyster shells waste on the immobilization of arsenic in highly contaminated soils. *Journal of environmental management*, 217, 646–653. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.007>

CROHN David. Nitrogen mineralization and its importance in organic waste recycling. Departamento de Ciencias Ambientales. Universidad de California. Disponible en: <https://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/2004/04-277.pdf>

DENGXIAO Zhang, GUANGHUI Du, WENJING Zhang, YA Gao, HONGBIN Jie, WEI Rao, YING Jiang, DAICHANG Wang. Remediation of arsenic-contaminated paddy soil: Effects of elemental sulfur and gypsum fertilizer application.

Ecotoxicology and Environmental Safety [en línea]. Volumen 223, 15 Octubre 2021. [fecha de Consulta: 25 de abril de 2022]. ISSN 0147-6513 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112606>.

DONG YANG, et al. Performance of biochar-supported nanoscale zero-valent iron for cadmium and arsenic co-contaminated soil remediation: Insights on availability, bioaccumulation and health risk. Environmental Pollution [en línea], vol. 290. December, 2021. [fecha de Consulta: 10 de Abril de 2022]. ISSN 0269-7491 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118054>

DORADOR, Leonardo, et al. Consideraciones en la caracterización geotécnica de materiales granulares gruesos. En Congreso SOCHIGE. 2018. [en línea]. Volumen 223, 05 diciembre 2018. [fecha de Consulta: 25 de abril de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329454077_Consideraciones_en_la_Caracterizacion_Geotecnica_de_Materiales_Granulares_Gruesos

EYHERABIDE, M et. al. Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia del suelo* [en línea] 2014, vol. 32, no. 1, pp. 13-19. [fecha de consulta: 10 de octubre 2021] ISSN 1850-2067. Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/25777/CONICET_Digital_Nro.6_092f0df-9d4b-4597-a8ad-7433176558ac_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

FAO, 2021. Suelos Ácidos | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [en línea]. [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-acidos/es>

FAO, 2021. Propiedades Químicas| Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [en línea]. [Consulta: 18 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es>

FAO, 2018. Simposio mundial sobre la contaminación del suelo | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

y la Agricultura. [en línea]. [Consulta: 18 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/about/meetings/global-symposium-on-soil-pollution/es/>

FAGUNDO, J.R, et al., Relaciones entre potenciales redox y concentraciones de sulfuros en aguas termales de cuba. Contribución a la educación y la protección ambiental [en línea]. 2005, vol. 6, pp. 31-44 [fecha de Consulta: 10 de octubre de 2021]. ISBN: 959-7136-35-X Disponible en: <https://xdoc.mx/documents/relaciones-entre-potenciales-redox-y-concentraciones-de-sulfuros-en-5e94cb621dbf8>

FLORENCIA Benimeli, Maria, *et al.* El nitrógeno del suelo. Universidad Nacional de Tucumán [en línea], pp. 1-11. [Fecha de consulta: 11 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.edafologia.org/app/download/7953478176/El+nitrogeno+del+suelo+ 2019.pdf?t=1563476239>.

FERNÁNDEZ, M. S.; ARIAS, J. L. La cáscara del huevo: Un modelo de biomineralización. *Monografías de medicina veterinaria*, 2000, vol. 20, no 2.

FERNÁNDEZ, R.J. y TRILLO, N., 2005. La textura del suelo como fuente de heterogeneidad; sus efectos sobre la oferta de agua para las plantas. *Researchgate* [en línea], no. January 2005, pp. 171-192. [fecha de consulta: 10 de Octubre 2021] Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Fernandez10/publication/319872937_La_textura_del_suelo_como_fuente_de_heterogeneidad_sus_efectos_sobre_la_oferta_de_agua_para_las_plantas/link/s/59be7c51a6fdcca8e56cacfc/La-textura-del-suelo-como-fuente-de-hete.

FLORES, D.L. y ALCALÁ, M, J.R., 2010. Manual de Procedimientos Analíticos. Instituto de Geología (UNAM) [en línea], pp. 56. ISSN 03406199. Disponible en: https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUALDELABORATORIO_DE_FISICA_DE_SUELOS1.pdf

GAMARRA, CYNTHIA et al. Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista mexicana de ciencias forestales* [en línea]. Volumen 9. abril 2018. [fecha de Consulta: 23 de mayo de 2022]. ISSN 2007-1132. Disponible en:

<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/134/823>

GANGHUI Zhu, WEIJIANG Liu, YI Wen, XIAOYONG Liao, LU Sun. Potential of arsenate-reducing bacterial inoculants to enhance field-scale remediation of arsenic contaminated soils by *Pteris vittata* L. *Ecological Engineering* [en línea]. Volumen 169, noviembre 2021. [fecha de Consulta: 05 de marzo de 2022] ISSN 0925-8574. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106312>

GINÉS, I. y MARISCAL-SANCHO, I. Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. *Fertiberia* [en línea]. 2002 no. March, pp. 1-9. [fecha de Consulta: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Ignacio_Mariscal-Sancho/publication/44113802_Incidencia_de_los_fertilizantes_sobre_el_pH_del_suelo/links/56fd1ec908ae8c2a97c10a49.pdf

HUANCA, A. y GARCÍA, S. Use of milled eggshell as a liming material in an acidic soil of Peru. *Idesia*. [En línea]. 2019, vol. 37, no. 3, pp. 115-120. [fecha de consulta: 10 de octubre 2021]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292019000300115&lng=es&nrm=is

HYUN-SHIK Yun, MIN Jang, WON-SIK Shin, JAEYOUNG Choi. Remediation of arsenic-contaminated soils via waste-reclaimed treatment agents: Batch and field studies. *Minerals Engineering* [en línea]. Volumen 127. Octubre 2018. [fecha de Consulta: 25 de noviembre de 2021]. ISSN 0892-6875 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.07.015>

INSTITUTO PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA AGRICULTURA (INTAGRI) 2017. La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos. Serie Suelos. Disponible en: <https://intagri.wordpress.com/2017/10/30/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos/>

JIE ZHANG, et al. 2021. Arsenic transport and interaction with plant metabolism: Clues for improving agricultural productivity and food safety.

Environmental Pollution [en línea], vol. 290. December, pp.117987.ISSN 0269-7491.Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117987>

JIZI Wu, ZHANGTAO Li, DAN Huang, XINGMEI Liu, CAIXIAN Tang, SANJAI J. Parikh, JIANMING Xu. A novel calcium-based magnetic biochar is effective in stabilization of arsenic and cadmium co-contamination in aerobic soils. Journal of Hazardous Materials [en línea]. Volumen 387. 05 abril 2020. [fecha de Consulta: 18 de Octubre de 2021] ISSN 0304-3894 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.122010>

JULCA-OTINIANO, A., et al., La Materia Orgánica, Importancia Y Experiencia De Su Uso En La Agricultura. Idesia (Arica), [en línea]. 2006, vol. 24, no. 1, pp. 49-61. [fecha de Consulta: 10 de Octubre de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009&lng=es&nrm=iso

KHALID R. Hakeem, HESHAM F. Alharby, ATIF A.M. Bamagoos, TANVEER B. Pirzadah. Biochar promotes arsenic (As) immobilization in contaminated soils and alleviates the As-toxicity in soybean (Glycine max (L.) Merr.). Chemosphere [en línea]. Volumen 292. Abril 2022. [fecha de Consulta: 12 de Mayo de 2022] ISSN 0045-6535 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133407>

LABORDE, J.P., WORTMANN, C.S., BLANCO-CANQUI, H. y LINDQUIST, J.L., 2021. Modeling soil texture and residue management effects on conservation agriculture productivity in Nepal. Soil and Tillage Research [en línea], vol. 213, no. May, pp. 105113. ISSN 01671987. DOI 10.1016/j.still.2021.105113. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105113>.

LAGOS Gálvez, Tatiana. Evaluación de arsénico en suelos agrarios y cultivos en relación al riego con agua contaminada por efluentes mineros del centro poblado de Castrovirreyna. Tesis (Bachiller en Ingeniería Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, Facultad de Ingeniería,

2020. 68 pp. Disponible en:
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8776/4/IV
FIN_107_TI_Lagos_Galvez_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8776/4/IV_FIN_107_TI_Lagos_Galvez_2020.pdf)

LEI Wang, DONG-WAN Cho, DANIEL C.W. Tsang, XINDE Cao, DEYI Hou, ZHENGTAO Shen, DANIEL S. Alessi, YONG Sik Ok, CHI S. Poon. Green remediation of As and Pb contaminated soil using cement-free clay-based stabilization/solidification. Environment International [en línea]. Volumen 126. Mayo 2019. [fecha de Consulta: 15 de octubre de 2021]. ISSN 0160-4120 Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.057>

LI, J.S., BEIYUAN, J., TSANG, D.C.W., WANG, L., POON, C.S., LI, X.D. y FENDORF, S., 2017. Arsenic-containing soil from geogenic source in Hong Kong: Leaching characteristics and stabilization/solidification. Chemosphere [en línea], vol. 182, pp. 31-39. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2017.05.019. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.019>.

MARTÍNEZ ORTEGA, Rosa María et al. EL COEFICIENTE DE CORRELACION DE LOS RANGOS DE SPEARMAN CARACTERIZACION. Rev haban cienc méd [en línea]. 2009, vol.8, n.2 [citado el 10-07-2022]. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017&lng=en&nrm=iso. ISSN 1729-519X.

MAOLIN WANG, et al. 2021. Immobilization and migration of arsenic during the conversion of microbially induced calcium carbonate to hydroxylapatite. Journal of Hazardous Materials [en línea], vol.412. June, pp. 125261. ISSN 0304-3894. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125261>

MIN CHEN et al. Remediation of arsenic-contaminated paddy soil by iron oxyhydroxide and iron oxyhydroxide sulfate-modified coal gangue under flooded condition. Science of The Total Environment [en línea]. Volume

804, 15 Enero 2022. [fecha de Consulta: 25 de abril de 2022]. ISSN 0048-9697 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150199>

MONTEIRO, M. et al., 2021. Environmental and human-health risks of As in soils with abnormal arsenic levels located in irrigated agricultural areas of Paracatu (MG), Brazil, Ecotoxicology and Environmental safety. [En línea]. 2021, Vol. 226. [fecha de consulta: 14 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651321009817?via%3Dihub>

MONTOYA, E.A.R., et al., Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos. Terra Latinoamericana [en línea] 2015, pp. 103-118 [fecha de consulta: 14 octubre 2021] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57339210001>.

MURAKAMI, Fabio, et al., Estudo físico-químico do carbonato de cálcio obtido a partir da casca de ovo. Ciencia tecnología alimentaria [en línea], 2007, vol 27(3), pp. 658-662. [fecha de consulta: 10 de octubre 2021] Disponible en: <https://www.scielo.br/j/cta/a/WXYMpzMYyWVYqXnSxWkN4ML/?format=pdf&lang=en>

NAZRIN, GHORBANZADEH, et al. Bioremediation of cadmium in a sandy and a clay soil by microbially induced calcium carbonate precipitation after one week incubation. Arid Land Research and Management [en línea]. Volume 34, 06 Febrero 2020. [fecha de Consulta: 01 de Mayo de 2022] ISSN: 1532-4982 Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15324982.2020.1720866>

POSSO VERGARA, Abel Ricardo. Método de Reutilización de la Cáscara de Huevo. Tesis (Título de Diseñador Industrial). Universidad Católica de Pereira Obtenido del repositorio UPC, 2020. 78pp [fecha de consulta: 10 de Octubre 2021] Disponible: <https://repositorio.ucp.edu.co/bitstream/10785/7135/7/DDMDI146.pdf>

QUISPE, Y. Aplicación de cáscara de huevo en un suelo ácido de atalaya para incrementar la producción Zea mays, 2018. Tesis (Título de Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. 87 pp.

[fecha de consulta: 10 de Octubre 2021] Disponible en: :
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28090/QUI_SPE_AY.pdf?sequence=1&isAllowed=y

RANGEL MONTOYA, Edelweiss A., et al., 2015. Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos. Universidad Autónoma de Coahuila. México. Terra Latinoamericana. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v33n2/2395-8030-tl-33-02-00103.pdf>

RIVERA, Maritza et al. EFECTO DE LA TEMPERATURA PREVIA A LA EXTRACCIÓN EN EL RENDIMIENTO Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE MORETE (*Mauritia flexuosa* L.F.). *La Granja* [online]. 2022, vol.35, n.1 [citado 2022-07-14], pp.98-111. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962022000100098&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1390-8596. <https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.08>.

RODRIGUEZ, Iran, et al,. Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agro ecosistemas. *Revista Universidad y Sociedad* [en línea], 2020, vol. 12(5), pp. 389-398. [fecha de consulta: 10 de octubre 2021] Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000500389

RODRIGUEZ, Alejandro. La cáscara de huevo: estructura, formación y que factores afectan a su calidad. *Revista avieNews Latam* [en línea], 2021, pp.49-56. [fecha de consulta: 10 Marzo 2022] Disponible en: <https://avinews.com/la-cascara-de-huevo-estructura-formacion-que-factores-afectan-a-su-calidad/>

RUÍZ OVIEDO, Cory Valeria, 2020. Precipitación de carbonatos inducida microbiológicamente como alternativa para remediar entornos naturales contaminados con metales y metaloides tóxicos. Tesis magíster en ciencias químicas. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78261>

SALVADOR, Elías, TARAZONA, Thalia. Calidad externa del huevo: factores relacionados al color de la cascara. Revista Actualidad Avipecuaria [en línea], 2019 [fecha de consulta: 10 de octubre 2021] Disponible en: <https://actualidadavipecuaria.com/calidad-externa-del-huevo-factores-relacionados-al-color-de-cascara-y-estrategias-para-su-mejora/>

SILVA, V. y SARAY, Luz. Determinación de las condiciones óptimas de adsorción de arsénico sobre cascara de huevo en una solución sintética para su aplicación en aguas del río Tambo evaluando el efecto de la matriz de composición. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019. 201 pp. [fecha de consulta: 10 de octubre 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11425>

SHRADDHA Singh, JAYANT Karwadiya, SUDHAKAR Srivastava, PRASANTA Kumar Patra, V.P. Venugopalan. Potential of indigenous plant species for phytoremediation of arsenic contaminated water and soil. Ecological Engineering [en línea]. Volumen 175. Febrero 2022. [fecha de Consulta: 15 de mayo de 2022]. ISSN 0925-8574. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106476>

HIMANSHU Mishra, SHRADDHA Singh, P. Suprasanna. Evaluation of arsenic remediation, morphological and biochemical response by *Vetiveria zizanioides* L. plants grown on artificially arsenic contaminated soil: A field study. Ecological Engineering [en línea]. Volumen 168. Octubre 2021. [fecha de Consulta: 21 de abril de 2022]. ISSN 0925-8574 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106267>

SUN, H., CHENG, H., LIN, L., DENG, K. y CUI, X., 2018. Bioaccumulation and sources of metal(loid)s in lilies and their potential health risks. Ecotoxicology and Environmental Safety [en línea], vol. 151, no. September 2017, pp. 228-235. ISSN 10902414. DOI 10.1016/j.ecoenv.2017.12.063. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.063>.

TOFIÑO RIVERA, Adriana Patricia, et al. 2020. Efecto del glifosato sobre la micro biota, calidad del suelo y cultivo de frijol biofortificado en el departamento del Cesar, Colombia. Revista Argentina de Microbiología [en línea], vol.52. January - March, pag. 61-71. ISSN 0325-7541. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.01.006>

VARGAS, Z. LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. Revista Educación [En línea.2009]. 33(1), 155-165 [fecha de consulta: 10 de octubre 2021]. ISSN: 0379-7082. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

YI Jiang, XUAN-TAO Yi, MENG-YU Liu, BEI-BEI Liu, HANG Zhou, PENG Zeng, BO-HAN Liao, JIAO-FENG Gu. Dynamic responses of soil enzymes at key growth stages in rice after the in situ remediation of paddy soil contaminated with cadmium and arsenic. Science of The Total Environment [en línea]. Volumen 830. Enero 2022. [fecha de Consulta: 22 de Mayo de 2022] ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154633>

ZOTARELLI, Lincoln, et al., Interpretación del Contenido de la humedad del suelo para determinar la capacidad de campo y evitar el riego excesivo en los suelos arenosos utilizando sensores de humedad. UF, [en línea]. 2019, pp. 4. [fecha de Consulta: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/ae496>

ZHANG YU, et al.. Response of soil microbial communities to additions of straw biochar, iron oxide, and iron oxide–modified straw biochar in an arsenic-contaminated soil. . Environmental Science and Pollution Research [en línea]. 16 abril 2020. [fecha de Consulta: 15 de noviembre de 2021] Disponible en:

<https://doi.org/10.1007/s11356-020-08829-7>

IX.- ANEXOS


Anexo 1.- Matriz de operacionalización de variables (Remediación de suelo agrícola contaminado con Arsénico, aplicando cáscara de huevo en la provincia de Canta-Lima 2022)

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medida
Independiente Cáscara de huevo	<p>Choi (2005), nos menciona que la cáscara de huevo contiene gran cantidad de CaCO₃ y tiene dentro de su composición química la presencia de agua, minerales y proteínas.</p> <p>Reiban (2017), nos indica que como composición física cuenta con tres membranas: 2 externas y 1 interna que tiene como finalidad proteger y facilitar la respiración del embrión.</p>	<p>La cáscara de huevo pasara un tratamiento térmico e identificaremos las características físicas y químicas, para luego aplicar en dosis de 100,200,300 gramos en 27 muestras de suelo agrícola contaminado por arsénico, las cuales serán evaluadas en tres periodos de 15, 30 y 45 días, para determinar la remediación del suelo .</p>	<p>Características física y química de la cáscara de huevo</p>	<p>Estabilidad térmica Granulometría Humedad Materia Orgánica Porosidad Carbonato de calcio (CaCO₃)</p>	<p>°C mm % % mm %</p>
			<p>Tiempo y dosis de la cáscara de huevo para el tratamiento del suelo agrícola contaminado con arsénico.</p>	<p>Tiempo 10, 15 y 45 días Dosis 100.200,300</p>	<p>días g</p>
Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medida
Dependiente Suelo agrícola contaminado con arsénico	<p>El suelo agrícola es utilizado en la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias; como consecuencia de esas actividades principalmente antrópicas el suelo es contaminado; alterando sus características fisicoquímicas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositadas por la actividad humana, en concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores represente un riesgo a la salud humana o el ambiente. (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016)</p>	<p>Se tomarán muestras de suelo para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola contaminado por arsénico; así como, determinar la concentración del contaminante arsénico; y finalmente se verificar la reducción del contaminante arsénico, después de la remediación del suelo agrícola contaminado.</p>	<p>Propiedades físicas y químicas del suelo agrícola contaminado con arsénico</p>	<p>Temperatura Potencial de Hidrógeno Conductividad Eléctrica Potencial Redox Humedad Gravimétrico Densidad Aparente Permeabilidad Capacidad de intercambio catiónico Capacidad de campo Carbono Orgánico Total Materia Orgánica Nitratos Nitrógeno Textura C/N Concentración arsénico</p>	<p>°C Acido/base dS/m mv % g/cm³ cm/seg meq/100g % % % % % % mg/kg</p>
			<p>Reducción del arsénico en suelo agrícola</p>	<p>Concentración de arsénico antes y después (Ci – Cf)/Ci * 100</p>	<p>mg/kg %</p>

Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos

Formato 1: Recolección de la muestra del suelo agrícola contaminado por arsénico.

RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO AGRÍCOLA CONTAMINADO CON ARSÉNICO	
FORMATO I	
TÍTULO	Remediación de suelo agrícola contaminado con arsénico, aplicando cáscara de huevo en la provincia de cantá - lima 2022
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y conservación de recursos naturales
FACULTAD	Facultad de ingeniería y arquitectura
RESPONSABLES	Mendieta Alarcón, Leonardo / León Huarcaya, Rubén
ASESOR	Dr. Lizaraburu Aguinaga Danny Alonso
DATOS DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y RECOLECCIÓN DE CÁSCARA DE HUEVO	
PROVINCIA CANTA	DISTRITO SAN JOSÉ
PROTOCOLO DE TOMA DE MUESTRA	D. S. N°002-2013-MINAM
RECOLECCIÓN DE CÁSCARA DE HUEVO	ZONAS COMERCIALES DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR Y COMAS
EQUIPOS Y MATERIALES	


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 131344
 DNI 43566120 No Telf:


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Formato 2: Características físicas y químicas de la cáscara de huevo para el tratamiento del suelo contaminado con arsénico

FORMATO III			CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA CÁSCARA DE HUEVO PARA EL TRATAMIENTO DEL SUELO CONTAMINADO CON ARSÉNICO		
TÍTULO			Remediación de suelo agrícola contaminado con Arsénico, aplicando cáscara de huevo en la provincia de Canta-Lima 2022		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN			Calidad y Conservación de Recursos Naturales		
FACULTAD			Facultad de ingeniería y arquitectura		
RESPONSABLES			Alarcón Mendieta, Leonardo / León Huarcaya, Rubén Darío		
ASESOR			Dr. Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso		
CARACTERIZACIÓN DE LA CÁSCARA DEL HUEVO FÍSICO Y QUÍMICO					
INDICADORES QUÍMICOS		FÓRMULA		RESULTADOS	
MATERIA ORGÁNICA		%			
HUMEDAD		%			
POROSIDAD		mm			
CARBONATO DE CALCIO		%			
INDICADORES FÍSICOS					
ESTABILIDAD TERMINCA		C°			
GRANULOMETRIA		mm			



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
CIP 131344

DNI 43566120 No Telf:



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450



Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

Formato 3: Tiempo y dosis de la cáscara de huevo para el tratamiento del suelo contaminado

TIEMPO Y DOSIS DE LA CÁSCARA DE HUEVO PARA EL TRATAMIENTO DEL SUELO CONTAMINADO			
FORMATO IV			
TÍTULO	Remediación de suelo agrícola contaminado con arsénico, aplicando cáscara de huevo en la provincia de cantá - lima 2022		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y conservación de recursos naturales		
FACULTAD	Facultad de ingeniería y arquitectura		
RESPONSABLES	Mendieta Alarcón, Leonardo / León Huarcaya, Rubén		
ASESOR	Dr. Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso		
DATOS DEL TRATAMIENTO			
NÚMERO DE DÍAS	15 DÍAS	30 DÍAS	45 DIAS
DOSIS	100g, 200g y 300g	100g, 200g y 300g	100g, 200g y 300g



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
CIP 131344

DNI 43566120 No Telf.:



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450



Juan Julio O'Doñez Galvez

DNI: 08447308

Formato 4: Propiedades físicas y químicas del suelo agrícola antes y después del tratamiento con cáscara de huevo

FORMATO II			
PROPIEDADES FISCAS Y QUIMICAS DEL SUELO AGRICOLA ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO CON CÁSCARA DE HUEVO			
TÍTULO	Remediación de suelo agrícola contaminado con arsénico, aplicando cáscara de huevo en la provincia de cantá - lima 2022		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y gestión de recursos naturales		
FACULTAD	Facultad de ingeniería y arquitectura		
RESPONSABLES	Mendieta Alarcón, Leonardo / León Huarcaya, Rubén		
ASESOR	Dr. Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso		
PARÁMETROS FÍSICOS			
INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	PRE	POST
PERMEABILIDAD	cm/seg		
DENSIDAD APARENTE	gr/cm ³		
TEXTURA	%		
CAPACIDAD DE CAMPO	%		
TEMPERATURA	C°		
HUMEDAD GRAVIMETRICO	%		
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	meq/100g		
PARÁMETROS QUÍMICOS			
INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	PRE	POST
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	ácido/base		
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	μS/cm		
POTENCIAL REDOX	mv		
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%		
MATERIA ORGANICA	%		
NITROGENO	%		
NITRATOS	mg/l		
RELACIÓN CARBONO/NITROGENO	%		
CONCENTRACION DE ARSÉNICO	mg/kg		



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
CIP 131344

DNI 43566120 No Telf:



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450



Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

Formato 5: Reducción del arsénico en el suelo agrícola tratado en 15 días, 30 días y 45 días con la cáscara de huevo

FORMATO V		REDUCCIÓN DEL ARSÉNICO EN SUELO AGRICOLA TRATADO EN 15DIAS, 30 DIAS Y 45 DIAS CON LA CÁSCARA DE HUEVO								
TÍTULO		Remediación de suelo agrícola contaminado con arsénico, aplicando cáscara de huevo en la provincia de cantá - lima 2022								
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		Calidad y conservación de recursos naturales								
FACULTAD		Facultad de ingeniería y arquitectura								
RESPONSABLES		Mendieta Alarcón, Leonardo / León Huarcaya, Rubén								
ASESOR		Dr. Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso								
RESULTADOS DEL TRATAMIENTO										
DOSIS DE CÁSCARA DE HUEVO	PESO DE SUELO AGRIGOLA	REDUCCIÓN DE ARSÉNICO (mg/kg)								
		TRATAMIENTO 1			TRATAMIENTO 2			TRATAMIENTO 3		
		T1-1	T1-2	T1-3	T2-1	T2-2	T2-3	T3-1	T3-2	T3-3
100 g	2000 g									
200g	2000 g									
300 g	2000 g									

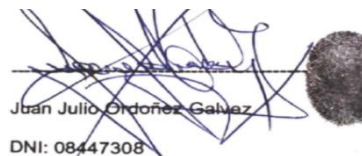


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
CIP 131344

DNI 43566120 No Telf.:



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450



Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308

Anexo 3.- Clasificación del pH en el suelo

CLASIFICACIÓN	pH
Muy ácido	<5.5
Ácido	5.6 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.5
Básico	7.6 - 8.5
Alcalino	>8.6

Fuente: (Andrades y Martínez, 2022)

Anexo 4.- Clasificación conductividad eléctrica CE (dS/m)

CLASIFICACIÓN	CE (dS/m)
Muy ligeramente salino	< 2
Ligeramente salino	2 – 4
Moderadamente salino	4 – 8
Fuertemente salino	> 8

Fuente: (Andrades y Martínez, 2022)

Anexo 5.- Capacidad intercambio catiónico (CIC) en el suelo

NIVEL	CIC meq/100g
Muy bajo	< 6
Bajo	6 – 13
Medio	13 – 25
Alto	25 – 40
Muy alto	> 40

Fuente: (Andrades y Martínez, 2022)

Anexo 6.- Niveles de materia orgánica (MO) del suelo

CLASIFICACIÓN	MO (%)
Muy bajo	MO < 0.5
Bajo	0.5 ≤ MO < 1.5
Medio	1.5 ≤ MO < 3.5
Alto	3.5 ≤ MO < 6.0

Fuente: (SARGARPA, 2012; Acuña, 2021)

Anexo 7.- Rangos interpretativos del nitrógeno (N) en el suelo

CATEGORIAS	N (%)
Muy bajo	< 0.05
Bajo	0.05 – 0.1
Medio	0.1-0.15
Alto	0.15-0.25
Muy alto	≥ 0.25

Fuente: (SARGARPA, 2012; Acuña, 2021)

Anexo 8.- Rangos óptimos de relación carbono y nitrógeno (C/N)

INDICADOR	C/N (%)
Falta de energía. Alta liberación de nitrógeno mineral	$C/N < 8,5$
Suelo equilibrado. Control en la liberación del nitrógeno mineral y el contenido en carbono del suelo	$8.5 \leq C/N < 11.5$
Suelo con exceso de carbono y exceso de energía	$C/N > 40$

Fuente: (AGROFORUM, 2017)

Anexo 9.- Validación de Instrumentos de recolección de datos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Oscar Salazar, Florida Vivas
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o área de investigación: Calidad y Construcción de Recursos Humanos
- 1.4. Nombre del instrumento, método de evaluación: Encuesta de requisitos de perfil agrícola comercializado con internet
- 1.5. Autor de Instrumento: Mónica Alicia Lozada - Leticia Guerrero, Balón

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	PORCENTAJE APTOS												
		INACEPTABLE		MARGINAL		ACEPTABLE								
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Este formulario es legible comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Este instrumento es libre de sesgo y prejuicios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Este instrumento es acorde a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFFICIENTIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. PERTINENCIA	Este instrumento para evaluar las variables de la hipótesis.												X	
7. COHERENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y estadísticos.												X	
8. CONCORDANCIA	Existe concordancia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicable para lograr probar las hipótesis.												X	
10. FIDELIDAD	El instrumento cubre la totalidad entre los componentes de la investigación y su adherencia al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80%

Fecha: 10 de Mayo del 2022

 FIRMA DEL EXPERTO INVESTIGANTE
 CIP 111344 No. TNE: 41566129

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Oscar Salazar, Florida Vivas
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o área de investigación: Calidad y Construcción de Recursos Humanos
- 1.4. Nombre del instrumento, método de evaluación: Encuesta del conocimiento científico en las propiedades de agua y sus usos de agua agrícola
- 1.5. Autor de Instrumento: Mónica Alicia Lozada - Leticia Guerrero, Balón

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	PORCENTAJE APTOS												
		INACEPTABLE		MARGINAL		ACEPTABLE								
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Este formulario es legible comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Este instrumento es libre de sesgo y prejuicios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Este instrumento es acorde a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFFICIENTIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X
6. PERTINENCIA	Este instrumento para evaluar las variables de la hipótesis.													X
7. COHERENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y estadísticos.													X
8. CONCORDANCIA	Existe concordancia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicable para lograr probar las hipótesis.													X
10. FIDELIDAD	El instrumento cubre la totalidad entre los componentes de la investigación y su adherencia al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80%

Fecha: 10 de Mayo del 2022

 FIRMA DEL EXPERTO INVESTIGANTE
 CIP 111344 No. TNE: 41566129

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Oscar Salazar, Florida Vivas
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o área de investigación: Calidad y Construcción de Recursos Humanos
- 1.4. Nombre del instrumento, método de evaluación: Caracterización de la conciencia de sustentabilidad del sector comercializado.
- 1.5. Autor de Instrumento: Mónica Alicia Lozada - Leticia Guerrero, Balón

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	PORCENTAJE APTOS												
		INACEPTABLE		MARGINAL		ACEPTABLE								
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Este formulario es legible comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Este instrumento es libre de sesgo y prejuicios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Este instrumento es acorde a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFFICIENTIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X
6. PERTINENCIA	Este instrumento para evaluar las variables de la hipótesis.													X
7. COHERENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y estadísticos.													X
8. CONCORDANCIA	Existe concordancia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicable para lograr probar las hipótesis.													X
10. FIDELIDAD	El instrumento cubre la totalidad entre los componentes de la investigación y su adherencia al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80%

Fecha: 10 de Mayo del 2022

 FIRMA DEL EXPERTO INVESTIGANTE
 CIP 111344 No. TNE: 41566129

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Oscar Salazar, Florida Vivas
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o área de investigación: Calidad y Construcción de Recursos Humanos
- 1.4. Nombre del instrumento, método de evaluación: Encuesta de conocimientos de la conciencia de sustentabilidad del sector agrícola
- 1.5. Autor de Instrumento: Mónica Alicia Lozada - Leticia Guerrero, Balón

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	PORCENTAJE APTOS												
		INACEPTABLE		MARGINAL		ACEPTABLE								
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Este formulario es legible comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Este instrumento es libre de sesgo y prejuicios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Este instrumento es acorde a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFFICIENTIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X
6. PERTINENCIA	Este instrumento para evaluar las variables de la hipótesis.													X
7. COHERENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y estadísticos.													X
8. CONCORDANCIA	Existe concordancia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicable para lograr probar las hipótesis.													X
10. FIDELIDAD	El instrumento cubre la totalidad entre los componentes de la investigación y su adherencia al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80%

Fecha: 10 de Mayo del 2022

 FIRMA DEL EXPERTO INVESTIGANTE
 CIP 111344 No. TNE: 41566129

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Gómez-Rubio, Florida Verónica
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.4. Disponibilidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.5. Nombre del instrumento: matriz de evaluación: Efectividad de respuesta de parásitos agrícolas contra el cultivo
- 1.6. Nombre del instrumento: matriz de evaluación: Efectividad de respuesta de parásitos agrícolas contra el cultivo
- 1.7. Asesor de Instrumento: Mónica Alicia Lozano - Luca Huanosta, Rubén

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					PARCIALMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE						
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100				
1. CLARIDAD	Esta herramienta con lenguaje comprensible.																	X
2. OBJETIVIDAD	Esta herramienta a las leyes y principios científicos.																	X
3. ACTUALIDAD	Esta herramienta a las técnicas y las metodologías más de la investigación.																	X
4. ORGANIZACIÓN	Esta es una organización lógica.																	X
5. SUSTENTADA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos necesarios.																	X
6. INFORMACIONAL	Esta herramienta para medir las variables de la hipótesis.																	X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y/o científicos.																	X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.																	X
9. METODOLÓGICA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.																	X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su relevancia al Método Científico.																	X

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 10 de mayo del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 13134 No. Tel:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Gómez-Rubio, Florida Verónica
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.4. Disponibilidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.5. Nombre del instrumento: matriz de evaluación: Efectividad de respuesta de parásitos agrícolas contra el cultivo
- 1.6. Nombre del instrumento: matriz de evaluación: Efectividad de respuesta de parásitos agrícolas contra el cultivo
- 1.7. Asesor de Instrumento: Mónica Alicia Lozano - Luca Huanosta, Rubén

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					PARCIALMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE						
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100				
1. CLARIDAD	Esta herramienta con lenguaje comprensible.																	X
2. OBJETIVIDAD	Esta herramienta a las leyes y principios científicos.																	X
3. ACTUALIDAD	Esta herramienta a las técnicas y las metodologías más de la investigación.																	X
4. ORGANIZACIÓN	Esta es una organización lógica.																	X
5. SUSTENTADA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos necesarios.																	X
6. INFORMACIONAL	Esta herramienta para medir las variables de la hipótesis.																	X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y/o científicos.																	X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.																	X
9. METODOLÓGICA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.																	X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su relevancia al Método Científico.																	X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 10 de mayo del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 13134 No. Tel:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Huanosta Huanosta
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.4. Disponibilidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.5. Nombre del instrumento: matriz de evaluación: Efectividad de respuesta de parásitos agrícolas contra el cultivo
- 1.6. Nombre del instrumento: matriz de evaluación: Efectividad de respuesta de parásitos agrícolas contra el cultivo
- 1.7. Asesor de Instrumento: Mónica Alicia Lozano - Luca Huanosta, Rubén

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					PARCIALMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE						
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100				
1. CLARIDAD	Esta herramienta con lenguaje comprensible.																	X
2. OBJETIVIDAD	Esta herramienta a las leyes y principios científicos.																	X
3. ACTUALIDAD	Esta herramienta a las técnicas y las metodologías más de la investigación.																	X
4. ORGANIZACIÓN	Esta es una organización lógica.																	X
5. SUSTENTADA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos necesarios.																	X
6. INFORMACIONAL	Esta herramienta para medir las variables de la hipótesis.																	X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y/o científicos.																	X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.																	X
9. METODOLÓGICA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.																	X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su relevancia al Método Científico.																	X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 10 de mayo del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 13134 No. Tel:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Huanosta Huanosta
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.4. Disponibilidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.5. Nombre del instrumento: matriz de evaluación: Efectividad de respuesta de parásitos agrícolas contra el cultivo
- 1.6. Nombre del instrumento: matriz de evaluación: Efectividad de respuesta de parásitos agrícolas contra el cultivo
- 1.7. Asesor de Instrumento: Mónica Alicia Lozano - Luca Huanosta, Rubén

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					PARCIALMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE						
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100				
1. CLARIDAD	Esta herramienta con lenguaje comprensible.																	X
2. OBJETIVIDAD	Esta herramienta a las leyes y principios científicos.																	X
3. ACTUALIDAD	Esta herramienta a las técnicas y las metodologías más de la investigación.																	X
4. ORGANIZACIÓN	Esta es una organización lógica.																	X
5. SUSTENTADA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos necesarios.																	X
6. INFORMACIONAL	Esta herramienta para medir las variables de la hipótesis.																	X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y/o científicos.																	X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.																	X
9. METODOLÓGICA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.																	X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su relevancia al Método Científico.																	X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 10 de mayo del 2022

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 13134 No. Tel:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellido y Nombre: Dr. Tarciso Acosta Sumbador
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Decano de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Escala y Guía generalizadas de la atención de larvas para el tratamiento del suelo agrícola.
- 1.5. Autor de Instrumento: Mónica Alicia Leonardo - Luis Huarcaya, Baitín

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					INDEFINIDAMENTE ACEPTABLE					
		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a los fines y principios científicos.											X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y los conocimientos más de la investigación.											X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X
5. REFERENCIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos científicos.											X
6. REPRESENTATIVIDAD	Esta adecuada para evaluar los variables de la hipótesis.											X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y científicos.											X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

SI
 NO

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

Lima, 10 de mayo del 2021

Dr. Tarciso Acosta Sumbador
CIP: 972039
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellido y Nombre: Dr. Ricardo Anaya Sumbador
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Decano de la Universidad César Vallejo
- 5.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Evaluación de los resultados obtenidos y reducción del estrés.
- 5.5. Autor de Instrumento: Mónica Alicia Leonardo - Luis Huarcaya, Baitín

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					INDEFINIDAMENTE ACEPTABLE					
		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a los fines y principios científicos.											X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y los conocimientos más de la investigación.											X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X
5. REFERENCIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos científicos.											X
6. REPRESENTATIVIDAD	Esta adecuada para evaluar las variables de la hipótesis.											X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y científicos.											X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

SI
 NO

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

Lima, 10 de mayo del 2021

Dr. Ricardo Anaya Sumbador
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellido y Nombre: Dr. Julio Osorio Gabier
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Decano de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Efectos del tratamiento químico en las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola.
- 1.5. Autor de Instrumento: Mónica Alicia Leonardo - Luis Huarcaya, Baitín

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					INDEFINIDAMENTE ACEPTABLE					
		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a los fines y principios científicos.											X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y los conocimientos más de la investigación.											X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X
5. REFERENCIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos científicos.											X
6. REPRESENTATIVIDAD	Esta adecuada para evaluar las variables de la hipótesis.											X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y científicos.											X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

SI
 NO

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

Dr. Osorio Gabier
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellido y Nombre: Dr. Julio Osorio Gabier
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Decano de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Resolución de muestra de suelo agrícola contaminado con arsénico.
- 1.5. Autor de Instrumento: Mónica Alicia Leonardo - Luis Huarcaya, Baitín

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					INDEFINIDAMENTE ACEPTABLE					
		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a los fines y principios científicos.											X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y los conocimientos más de la investigación.											X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X
5. REFERENCIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos científicos.											X
6. REPRESENTATIVIDAD	Esta adecuada para evaluar las variables de la hipótesis.											X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y científicos.											X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

SI
 NO

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

Dr. Osorio Gabier
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Julio, Obedías Gabuar
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o área de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Caracterización de la capacidad de bioreserva del suelo costero.
- 1.5. Autor de Instrumento: Mónica Alicia Leonardo - León Huancayo, Rubio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	NIVEL DE APLICABILIDAD												
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a los leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. REFERENCIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X
6. POTENCIALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

SI

[Firma manuscrita]

DR. OBEDEAS

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Julio, Obedías Gabuar
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o área de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Diseño y Diseño geométrico de la capacidad de bioreserva del suelo agrícola.
- 1.5. Autor de Instrumento: Mónica Alicia Leonardo - León Huancayo, Rubio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	NIVEL DE APLICABILIDAD												
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a los leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. REFERENCIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X
6. POTENCIALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

SI

[Firma manuscrita]

DR. OBEDEAS

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Julio, Obedías Gabuar
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o área de investigación: Calidad y Conservación de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Evaluación de los resultados obtenidos y reducción del estrés.
- 1.5. Autor de Instrumento: Mónica Alicia Leonardo - León Huancayo, Rubio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	NIVEL DE APLICABILIDAD												
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. REFERENCIA	Tiene en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X
6. POTENCIALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos científicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

SI

[Firma manuscrita]

DR. OBEDEAS

Anexo 10: Resultado de laboratorio Universidad Cesar Vallejo – características física y química de la cáscara de huevo

Ensayo N° 001 - 2022
INFORME DE RESULTADOS

Tipo de ensayo: caracterización fisicoquímica
Descripción de muestra:

CARACTERÍSTICA DE CÁSCARA DE HUEVO				
GRANULOMETRÍA (mm)	HUMEDAD (%)	MATERIA ORGÁNICA (%)	POROCIDAD (%)	CaCO ₃ (%)
0.355	1.47	3.26	0.52	92.38

Metodología: standar test methods of laboratory determination of water (Moisture) content of Soil and rock by mass D2216-10
método gravimétrico
método de pérdida por ignición

Equipos utilizados: Balanza analítica
Estufa
Mufla
Agitador magnético



Hitler Román Pérez
Ing. Ambiental



VB°

Anexo 11: Resultados de laboratorio Universidad Nacional de Ingeniería – Características físico químico suelo agrícola contaminado



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Rubén Darío León Huarcaya
Procedencia de muestra : Fundo Acomayo – Poblado San José -Canta
Recepción de muestra : Lima, 04 de Abril del 2022

Caracterización del suelo contaminado por As inicial

Muestra	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV
SAL	23	7.56	1418	129.4
SAC-As	23	6.54	1987	115.6

Muestra	Humedad %	Capacidad de intercambio catiónico meq/100g	Carbono Orgánico total %	Densidad Aparente mg/cm^3
SAL	11.13	19.263	1.22	1.00
SAC-As	9.93	21.949	0.67	1.33

Muestra	Materia Organica %	Nitrógeno Total %	Nitratos mg/l	Relación C/N	Arsénico inicial mg/Kg
SAL	2.103	0.11	65	11.09	1.85
SAC-As	1.160	0.06	31	11.16	105

Métodos: Potenciométrico, Norma ASTM D-2216, Acetato de Amonio 1N pH7, Walkley-Black, Cilindro Biselado, Kjeldahl, Espectrofotometría UV/V, EPA 3050

Lima, 12 de Abril del 2022

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Rubén Darío León Huarcaya

Procedencia de muestra : Fundo Acomayo – Poblado San José -Canta

Recepción de muestra : Lima, 22 de Abril del 2022

Tratamientos del suelo contaminado con Arsénico

Primer Periodo	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido/base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV
P1- (15 - 1 - 100)	22.5	8.08	1910	107.9
P1- (15 - 2 - 100)	22.5	8.09	1909	109.9
P1- (15 - 3 - 100)	22.5	8.10	1900	112.1
P1- (15 - 4 - 200)	22.5	8.16	1870	123.2
P1- (15 - 5 - 200)	22.5	8.18	1858	121.8
P1- (15 - 6 - 200)	22.5	8.19	1845	122.1
P1- (15 - 7 - 300)	22.5	8.10	1678	118.8
P1- (15 - 8 - 300)	22.5	8.12	1646	117.2
P1- (15 - 9 - 300)	22.5	8.15	1636	119.1

Primer Periodo	Humedad %	Capacidad de intercambio catiónico(meq/100g)	Carbono Orgánico Total %	Materia Organica %
P1- (15 - 1 - 100)	15.03	23.12	0.776	1.34
P1- (15 - 2 - 100)	13.0	23.18	0.717	1.24
P1- (15 - 3 - 100)	10.46	23.72	0.769	1.33
P1- (15 - 4 - 200)	15.86	21.19	0.818	1.41
P1- (15 - 5 - 200)	16.87	21.47	0.808	1.39
P1- (15 - 6 - 200)	16.29	20.13	0.813	1.40
P1- (15 - 7 - 300)	15.72	20.07	0.93	1.54
P1- (15 - 8 - 300)	15.57	20.63	0.860	1.48
P1- (15 - 9 - 300)	16.37	20.70	0.853	1.47

Métodos: Potenciométrico, Norma ASTM-D-2216, Acetato de Amonio 1N pH7, Walkley-Black.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Primer Periodo	Nitrógeno %	Nitratos mg/l	Relación C/N	Arsénico mg/Kg
P1- (15 - 1 - 100)	0.070	70.0	11.08	103.9
P1- (15 - 2 - 100)	0.068	72.0	10.54	103.5
P1- (15 - 3 - 100)	0.069	74.0	11.15	103.7
P1- (15 - 4 - 200)	0.080	85.0	10.22	102.5
P1- (15 - 5 - 200)	0.082	84.0	9.86	102.8
P1- (15 - 6 - 200)	0.081	89.0	10.04	102.4
P1- (15 - 7 - 300)	0.091	90.7	9.81	99.85
P1- (15 - 8 - 300)	0.092	90.8	9.34	99.90
P1- (15 - 9 - 300)	0.090	90.5	9.47	99.88

Métodos: Kjeldahl, Espectrofotometría UV/V, EPA 3050

Lima, 29 de Abril del 2022

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Rubén Darío León Huarcaya

Procedencia de muestra : Fundo Acomayo – Poblado San José -Canta

Recepción de muestra : Lima, 07 de Mayo del 2022

Tratamientos del suelo contaminado por Arsénico

Segundo Periodo	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido/base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV
P2- (30 - 1 - 100)	20.5	8.12	1680	108.9
P2- (30 - 2 - 100)	20.5	8.10	1685	111.9
P2- (30 - 3 - 100)	20.5	8.11	1690	109.1
P2- (30- 4 - 200)	20.5	8.15	1756	118.2
P2- (30 - 5 - 200)	20.5	8.14	1765	119.8
P2- (30 - 6 - 200)	20.5	8.17	1789	120.1
P2- (30 - 7 - 300)	20.5	8.19	1845	121.8
P2- (30 - 8 - 300)	20.5	8.18	1852	120.2
P2- (30 - 9 - 300)	20.5	8.20	1856	122.1

Segundo Periodo	Humedad %	Capacidad de intercambio catiónico(meq/100g)	Carbono Orgánico Total %	Materia Organica %
P2- (30 - 1 - 100)	18.04	21.55	0.815	1.43
P2- (30 - 2 - 100)	17.53	21.67	0.833	1.41
P2- (30 - 3 - 100)	18.36	21.76	0.844	1.42
P2- (30 - 4 - 200)	17.09	20.94	0.892	1.56
P2- (30 - 5 - 200)	17.16	20.82	0.871	1.579
P2- (30 - 6 - 200)	17.95	20.63	0.897	1.585
P2- (30 - 7 - 300)	19.95	20.44	0.906	1.65
P2- (30 - 8 - 300)	19.20	20.11	0.921	1.629
P2- (30 - 9 - 300)	19.68	20.00	0.931	1.625

Métodos: Potenciométrico, Norma ASTM D-2216, Acetato de Amonio 1N pH7, Walkley-Black.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 -Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Segundo Periodo	Nitrógeno %	Nitratos mg/l	Relación C/N	Arsénico mg/Kg
P2- (30 - 1 - 100)	0.079	125.0	10.31	100.8
P2- (30 - 2 - 100)	0.080	128.0	10.41	100.9
P2- (30 - 3 - 100)	0.081	124.0	10.43	100.0
P2- (30 - 4 - 200)	0.088	158.0	10.13	95.8
P2- (30 - 5 - 200)	0.087	160.0	10.01	95.9
P2- (30 - 6 - 200)	0.086	164.0	10.43	96.0
P2- (30 - 7 - 300)	0.094	178.0	9.64	85.60
P2- (30 - 8 - 300)	0.091	176.0	10.12	84.40
P2- (30 - 9 - 300)	0.092	177.0	10.12	85.50

Métodos: Kjeldahl, Espectrofotometría UV/V, EPA 3050

Lima, 16 de Mayo del 2022


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Rubén Darío León Huarcaya

Procedencia de muestra : Fundo Acomayo – Poblado San José -Canta

Recepción de muestra : Lima, 22 de Mayo del 2022

Tratamientos del suelo contaminado con Arsénico

Tercer Periodo	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido/base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV
P3- (45 - 1 - 100)	20.7	7.89	1148	110.6
P3- (45 - 2 - 100)	20.7	7.86	1096	111.1
P3- (45 - 3 - 100)	20.7	7.87	1154	109.8
P3- (45 - 4 - 200)	20.7	7.95	985	118.5
P3- (45 - 5 - 200)	20.7	7.98	988	120.2
P3- (45 - 6 - 200)	20.7	7.96	995	115.6
P3- (45 - 7 - 300)	20.7	8.10	875	106.4
P3- (45 - 8 - 300)	20.7	8.12	865	108.8
P3- (45 - 9 - 300)	20.7	8.13	878	112.4

Tercer Periodo	Humedad %	Capacidad de intercambio catiónico(meq/100g)	Carbono Orgánico Total %	Materia Organica %
P3- (45 - 1 - 100)	17.47	20.85	0.829	1.43
P3- (45 - 2 - 100)	17.51	20.80	0.820	1.41
P3- (45 - 3 - 100)	17.16	20.19	0.826	179.12
P3- (45 - 4 - 200)	18.01	19.99	0.907	178.43
P3- (45 - 5 - 200)	18.51	19.76	0.916	178.779
P3- (45 - 6 - 200)	18.42	19.92	0.919	176.710
P3- (45 - 7 - 300)	18.29	19.62	0.960	177.23
P3- (45 - 8 - 300)	18.79	19.78	0.945	176.538
P3- (45 - 9 - 300)	18.18	19.89	0.943	172.141

Métodos: Potenciométrico, Norma ASTM D-2216, Acetato de Amonio 1N pH7, Walkley-Black.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Tercer Periodo	Nitrógeno %	Nitratos mg/l	Relación C/N	Arsénico mg/Kg
P3- (45 - 1 - 100)	0.079	185.0	10.38	95.56
P3- (45 - 2 - 100)	0.080	186.0	10.32	95.51
P3- (45 - 3 - 100)	0.081	184.0	11.20	95.54
P3- (45 - 4 - 200)	0.088	210.0	10.41	86.40
P3- (45 - 5 - 200)	0.087	211.0	10.56	86.60
P3- (45 - 6 - 200)	0.086	212.0	11.16	86.70
P3- (45 - 7 - 300)	0.094	250.0	10.05	71.40
P3- (45 - 8 - 300)	0.091	254.0	10.36	71.35
P3- (45 - 9 - 300)	0.092	258.0	10.25	71.32

Métodos: Kjeldahl, Espectrofotometría UV/V, EPA 3050

Lima, 31 de Mayo del 2022


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 -Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Anexo 12.- Captura de pantalla del Turnitin

Remediación de suelo agrícola contaminado con Arsénico,
aplicando cáscara de huevo en la provincia de Canta-Lima
2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

13% INDICE DE SIMILITUD	12% FUENTES DE INTERNET	2% PUBLICACIONES	3% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia	1%